



**TUGAS AKHIR – MO 091336**

**DESAIN *LAYOUT MOORING DOLPHIN* DAN ANALISA TEGANGAN TALI  
TAMBAT DESA SEDAYU LAWAS, KECAMATAN BRONDONG, KABUPATEN  
LAMONGAN**

**Yoffan Ramadhan**

**NRP. 4312 100 137**

**Dosen Pembimbing**

**Sholihin, S.T, M.T**

**Haryo D Armono, S.T, M.Eng, Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN**

**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2017**



**DESIGN LAYOUT AND ROPE STRESS ANALYSIS OF MOORING DOLPHIN  
IN SEDAYU LAWAS VILLAGE, BRONDONG DISTRICT, LAMONGAN  
REGENCY**

**Yoffan Ramadhan**

**Reg. Number : 4312 100 137**

**Supervisor :**

**Sholihin, S.T, M.T**

**Haryo D Armono, S.T, M.Eng, Ph.D**

**DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING**

**Faculty of Marine Technology**

**Sepuluh Nopember Institut of Technology**

**Surabaya**

**2017**

## HALAMAN PENGESAHAN

### TUGAS AKHIR

**Desain *Layout* dan Analisa Tegangan Tali Tambat *Mooring dolphin* di Desa Sedayu Lawas, Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Progran Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**YOFFAN RAMADHAN**

**NRP. 4312 100 137**

Disetujui oleh :

Sholihin, S.T., M.T. .... (Pembimbing 1)

Haryo Dwito Armono ST, M.Eng, Ph.D. .... (Pembimbing 2)

Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc. .... (Penguji)

Sujantoko S.T., M.T. .... (Penguji)

Drs. Mahmud Mustain, M.Sc., Ph.D. .... (Penguji)



**Desain *Layout* dan Analisa Tegangan Tali Tambat *Mooring dolphin* di Desa Sedayu Lawas, Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan**

**Nama** : Yoffan Ramadhan  
**NRP** : 4312 100 137  
**Jurusan** : Teknik Kelautan FTK - ITS  
**Dosen Pembimbing** : Sholihin, S.T, M.T  
Haryo Dwito Armono S.T, M.Eng, P.hD

**ABSTRAK**

Desa Sedayu Lawas kecamatan Brondong kabupaten Lamongan sedang di rencanakan pembangunan sebuah terminal khusus muatan curah cair guna mengangkut bahan bakar minyak. Daerah perairan di laut jawa yang tenang menjadi pilihan para pengembang untuk mendirikan industry pesisir di daerah pesisir utara pulau jawa. Terkait dengan besarnya kapal yang mengangkut bahan bakar maka diperlukan kedalaman yang mencukupi untuk membangun dermaga yang berfungsi untuk kapal bersandar. Dermaga yang akan dibangun adalah tipe dermaga *jetty* dengan komponen struktur berupa *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, *trestle*, dan *causeway*. Pada tugas akhir ini akan dilakukan desain layout *mooring dolphin* dan analisa tegangan pada tali tambat dari *mooring dolphin* itu sendiri. Untuk mendesain layout *mooring dolphin* yang pertama harus dilakukan ialah melakukan pengolahan data lingkungan seperti data anagin dan pasang surut. Hal ini dilakukan untuk menentukan nilai elevasi yang sesuai untuk struktur *mooring dolphin*. Kedua harus dilakukan penentuan tata letak *mooring dolphin* terhadap kapal serta sudut tali tambat yang sesuai dengan code OCIMF. Kemudian dilakukan analisa tegangan tali terhadap desain layout *mooring dolphin* yang sudah dibuat untuk menentukan apakah desain layout sudah aman atau belum saat beroperasi. Untuk melakukan analisa tegangan tali diperlukan model kapal yang dimodelkan dengan bantuan *software* MOSES. Kemudian dilakukan analisa tegangan tali menggunakan analisa dinamis *time domain* dengan waktu 10800 detik.

Kata kunci : *Desain, Mooring dolphin, Tegangan Tali*

**DESIGN LAYOUT AND ROPE STRESS ANALYSIS OF MOORING  
DOLPHIN IN SEDAYU LAWAS VILLAGE, BRONDONG DISTRICT,  
LAMONGAN REGENCY**

**Name** : **Yoffan Ramadhan**  
**NRP** : **4312 100 137**  
**Departemen** : **Teknik Kelautan FTK - ITS**  
**Supervisor** : **Sholihin, S.T, M.T**  
**Haryo Dwito Armono S.T, M.Eng, P.hD**

**ABSTRACT**

Sedayulawas village in Lamongan district Brondong districts are being planned construction of a special terminal for liquid bulk cargo to transport fuel oil. Due to calm area in the Java Sea waters, some marine industries choose to set up their activities in coastal areas of the north coast of the island of Java. A special terminal for liquid bulk cargo to transport fuel oil was being planned in Sedayu Lawas village Brondong districts Lamongan. The ship carrying the oil fuel require a pier and jetty in sufficient depth for loading and unloading. The jetty is added more equipment for ship to port, those equipment is breasting dolphin, mooring dolphin , trestle, adna causeway.

This study, review the stress analysis the mooring lines (ropes) attached to jetty for various mooring dolphin layout and arrangements. The metocean data such as wind and tides in the areas were processed and analyzed. The layout of the ship and mooring dolphin rope angle were designed in accordance with OCIMF code. The stress analysis of mooring rope for various layout mooring dolphin has been analyzed to determine whether the design layout is safe during operation. The rope stress were analyzed using time domain dynamic analysis for 10800 seconds. The safety of ship during loading for various rope condition were presented. It is suggested that all ropes should be attached to mooring dolphin for ship and port safety.

**Keyword** : *breasting dolphin, Jetty, structure, configuration, efisien, ship*

## **KATA PENGANTAR**

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir beserta laporannya dengan baik dan tepat waktu. Laporan ini berisi tentang tahapan proses dan hasil dari tugas akhir penulis. Tugas akhir penulis berjudul “Desain Layout dan Analisa Tegangan Tali Tambat *Mooring dolphin* di Desa Sedayu Lawas, Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan”.

Tugas akhir merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Untuk itu setiap mahasiswa diwajibkan mengangkat suatu permasalahan di lingkungan sekitar sesuai dengan profesi dan perkuliahan yang diambil untuk dijadikan bahasan dalam tugas akhir. Untuk jurusan teknik kelautan khususnya, permasalahan yang diangkat adalah permasalahan yang ada di lingkungan laut dan fasilitas teknologi penunjangnya sesuai dengan materi yang diberikan selama perkuliahan. Penelitian ini diharapkan dapat berguna untuk beberapa pihak yang bersangkutan atau keperluan penelitian selanjutnya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir dan laporan yang dibuat masih memiliki kekurangan, baik dari pemilihan batasan masalah, pemilihan parameter, dan dari sisi penulisan. Kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan oleh penulis, agar menjadi evaluasi guna menghasilkan suatu penelitian dan penulisan yang lebih baik ke depannya. Semoga tugas akhir ini bisa memberikan manfaat untuk orang banyak. Ilmu lebih penting dari harta, ilmu bukan yang ditulis tetapi yang bermanfaat, jadi sebarkan ilmu untuk kebermanfaatan dunia dan akhirat.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, 23 Januari 2017

**Penulis**

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam bagian ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang turut membantu kelancaran selama pengerjaan tugas akhir ini. Mungkin ucapan ini tidak sebanding dengan apa yang diberikan oleh pihak-pihak tersebut, namun diharapkan dapat menjadi sebuah pembelajaran untuk penulis agar senantiasa berterima kasih kepada pihak yang telah memberikan banyak sekali bantuan dalam tugas akhir ini. Beberapa pihak tersebut diantaranya:

1. Yang paling utama tentu saja Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan dan kemudahan mengerjakan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis yaitu Subadri dan Suminah, yang telah mengorbankan waktu dan tenaganya agar penulis dapat melanjutkan kuliah sampai menyelesaikan tugas akhir ini, beserta doa – doa yang diberikan kepada penulis
3. Bapak Sholihin dan Bapak Haryo Dwi Armono selaku dosen pembimbing penulis yang senantiasa memberikan ilmu, data - data dan masukan untuk penulis agar menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan tepat waktu.
4. Bapak Rudi Waluyo, selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan yang telah mengizinkan penulis melaksanakan tugas akhir.
5. Tata Usaha Teknik Kelautan yang telah membantu hal administrasi tugas akhir.
6. Evan Ega Rizkia, Yuli Pradana yang selalu memberikan masukan dan bahan diskusi selama mengerjakan tugas akhir.
7. Teman – Teman kontrakan Hikmah Susetyo, Rizki Wahyu Satria, Iqbal Gayuh, Syaifullah Hidayat, M. Yusuf Jamil, yang telah selalu memberikan dukungan untuk mengerjakan tugas akhir.
8. Teman – Teman angkatan 2012 (Varuna).

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>TUGAS AKHIR</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusuan Masalah .....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II</b> .....	<b>6</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	<b>7</b>
2.1. Tinjauan Pustaka .....	7
2.2. Dasar Teori .....	7
2.2.1. Standart kapal .....	7
2.2.2. Konversi Data Angin ke Gelombang.....	11
2.2.3. Perkiraan Gelombang Dengan Periode Ulang (Analisa Frekuensi) ....	14
2.2.4 Pasang Surut Air Laut.....	17
2.2.5. Teori Dasar Gerakan Bangunan Apung.....	19
2.2.6. Respon Amplitude Operator (RAO).....	20
2.2.7. Sistem Tambat .....	21
2.2.8 Beban tambat ( <i>mooring forces</i> ) .....	21
2.2.8. <i>Mooring</i> arrangement .....	24



2.2.9. Kriteria Desain Konfigurasi <i>Mooring Dolphin</i> .....	26
<b>BAB III.....</b>	<b>27</b>
<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>27</b>
3.1 Diagram Alir.....	27
3.2 Penjelasan Diagram Alir .....	29
<b>BAB IV.....</b>	<b>31</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1. Pengumpulan Data .....	31
4.2. Perhitungan Arah dan Kecepatan Angin .....	32
4.3 Menghitung Properti Gelombang Menggunakan Data Angin .....	35
4.4 Menentukan Periode Ulang .....	38
4.5. Data Kondisi Pasang Surut.....	40
4.5.1. Konstanta Pasang Surut .....	41
4.5.2. Tipe Pasang Surut .....	41
4.5.3. Variabel Pasang Surut.....	42
4.6. Penentuan Elevasi dan Kedalaman Minimum.....	42
4.7 .Design Lay Out Konfigurasi <i>Mooring Line</i> .....	44
4.7.1. Konfigurasi Satu Kapal 50.000 DWT – 15.000 DWT.....	46
4.7.2. Konfigurasi Dua Kapal 15.000 DWT - 5.000 DWT .....	50
4.7.3. Konfigurasi Tiga,Kapal 5.000 DWT – 1.000 DWT .....	53
4.8. Permodelan Kapal .....	56
4.9. Analisa gerakan kapal 50.000 DWT .....	57
4.10 Analisa Tension pada <i>Mooring Line</i> .....	63
4.10. Analisa Tension Apabila Terjadi Tali Putus .....	69
<b>BAB V.....</b>	<b>73</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>73</b>
5.1. Kesimpulan.....	73
5.2. SARAN .....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>74</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Gambaran Breasting dan <i>Mooring dolphin</i> .....	2
Gambar 2.1 Grafik Hubungan Kecepatan Angin Di Laut Dan Di Darat .....	12
Gambar 2. 2 Enam derajat kebebasan pada struktur bangunan apung.....	20
Gambar.2.3. Grafik Respons Gerakan Bangunan Apung (Journee <i>et all</i> , 2001) .....	21
Gambar 2.3 <i>Mooring Line</i> .....	25
Gambar 4.1. Skema Diagram Alur Tugas Akhir .....	28
Gambar 4.1. Data Batrimetri .....	31
Gambar 4.2 <i>Windrose</i> dan Pengelompokan angin pada tahun 2005 – 2015..	34
Gambar 4.3. Gambar <i>Fetch</i> Arah Barat Laut .....	35
Gambar 4.4. Grafik Komparasi Kecepatan Angin .....	37
Gambar 4.5 Desain elevasi <i>mooring dolphin</i> .....	43
Gambar 4.6 Layout Konfigurasi <i>Mooring dolphin</i> .....	44
Gambar 4.7. Design kriteria <i>mooring dolphin</i> .....	45
Gambar 4.8 tampak atas kapal 50.000 DWT .....	46
Gambar 4.9 tampak samping kapal 50.000 DWT kondisi pasang .....	46
Gambar 4.10 tampak samping kapal 50.000 DWT kondisi surut.....	46
Gambar 4.11 Tampak atas kapal 30.000 DWT .....	47
Gambar 4.12 Tampak samping kapal 30.000 DWT kondisi pasang.....	47
Gambar 4.13 Tampak samping kapal 30.000 DWT kondisi surut.....	47
c. Kapal 20.00 .....	48
Gambar 4.14 Tampak atas kapal 20.000 DWT .....	48
Gambar 4.15 Tampak samping kapal 20.000 DWT kondisi pasang.....	48
Gambar 4.16 Tampak samping kapal 20.000 DWT kondisi surut.....	48
Gambar 4.17 Tampak atas kapal 15.000 DWT .....	49
Gambar 4.18 Tampak samping kapal 15.000 DWT kondisi pasang.....	49
Gambar 4.19 Tampak samping kapal 15.000 DWT kondisi surut.....	49
Gambar 4.20 Tampak atas kapal 15.000 DWT konfigurasi 2 .....	50
Gambar 4.21 Tampak samping kapal 15.000 DWT konfigurasi 2 kondisi pasang.....	50
Gambar 4.22 Tampak Samping kapal 15.000 DWT konfigurasi 2 kondisi surut.....	50

Gambar 4.23 Tampak atas kapal 10.000 DWT .....	51
Gambar 4.24 Tampak samping kapal 10.000 DWT kondisi pasang.....	51
Gambar 4.25 Tampak samping kapal 10.000 DWT kondisi surut.....	51
Gambar 4.26 Tampak atas kapal 5.000 DWT .....	52
Gambar 4.27 Tampak samping kapal 5.000 DWT kondisi pasang.....	52
Gambar 4.28 Tampak samping kapal 5.000 DWT kondisi surut.....	52
Gambar 4.29 Tampak atas kapal 5.000 DWT konfigurasi 3 .....	53
Gambar 4.30 Tampak samping kapal 5.000 DWT kondisi pasang konfigurasi 3.....	53
Gambar 4.31 Tampak samping kapal 5.000 DWT kondisi surut konfigurasi 3 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.32 Tampak atas kapal 3.000 DWT .....	54
Gambar 4.33 Tampak samping kapal 3.000 DWT kondisi pasang.....	54
Gambar 4.34 Tampak samping kapal 3.000 DWT kondisi surut.....	54
Gambar 4.35 Tampak atas kapal 1.000 DWT .....	55
Gambar 4.36 Tampak samping kapal 1.000 DWT kondisi pasang.....	55
Gambar 4.37 Tampak samping kapal 1.000 DWT kondisi surut.....	55
Gambar 4.38. Model kapal.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.39. Model kapal tampak atas.....	56
Gambar 4.40. Model kapal tampak depan .....	56
Gambar 4.41. Grafik RAO <i>surge</i> .....	57
Gambar 4.42. Grafik RAO <i>sway</i> .....	58
Gambar 4.43. Grafik RAO <i>heave</i> .....	59
Gambar 4.44. Grafik RAO <i>roll</i> .....	60
Gambar 4.45. Grafik RAO <i>pitch</i> .....	61
Gambar 4.46 Grafik RAO <i>yaw</i> .....	62
Gambar 4.47 Tampak atas model konfigurasi 1 <i>mooring dolphin</i> pada software berbasis time domain .....	63
Gambar 4.48 Tampak samping model konfigurasi 1 <i>mooring dolphin</i> pada software berbasis time domain .....	64
Gambar 4.49. Grafik hasil analisa tegangan tali maksimum satt dibebani dengan arah pembebanan $0^0$ pada saat pasang (a) dan surut (b) .....	66

**Gambar 4.49. Grafik hasil analisa tegangan tali maksimum satt dibebani dengan arah pembebanan  $90^0$  pada saat pasang (a) dan surut (b) ..... 67**

**Gambar 4.50. Grafik hasil analisa tegangan tali maksimum satt dibebani dengan arah pembebanan  $180^0$  pada saat pasang (a) dan surut (b) ..... 69**

***layout mooring dolphin* yang sesuai dapat dilihat dari dua aspek yaitu secara horizontal dan vertikal. ....Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai standard dari design kapal kargo.....	9
Tabel 2.2 Kapal Kontainer .....	9
Tabel 2.3 Kapal Tanker .....	10
Tabel 2.4 <i>Liquefied Petroleum Gas (LPG) carries</i> .....	10
Tabel 2.5 <i>Liquefied Natural Gas (LNG) carries</i> .....	10
Tabel 2.6. <i>Passenger Ship</i> .....	11
Tabel 2.7 <i>Ferries</i> .....	11
Tabel 2.8 Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar .....	17
Tabel 2.9 gaya arus melintang dan memanjang.....	24
Tabel 4.1 Data Dimensi Kapal .....	32
Tabel 4.2. Distribusi dan Kecepatan Angin .....	33
Tabel 4.3. Perhitungan Fetch efektif .....	36
Tabel 4.4. Perhitungan Properti Gelombang .....	38
Tabel 4.5. Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang Laut..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.6 . Tinggi gelombang pada tahun 2005 – 2015.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.7. Variable periode ulang.....	38
Tabel 4.8 Perhitungan untuk memperhitungkan parameter regresi.....	39
Table 4.9 Perhitungan Periode Ulang .....	40
Tabel 4.10 Hasil Analisis Harmonik Pasang Surut Kecamatan Brondong Lamongan .....	41
Tabel 4.39. Tabel koreksi .....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.12 Hasil RAO gerakan translasional .....	59
Tabel 4.13 Hasil RAO rotasional .....	62
Tabel 4.14 Hasil analisa tegangan tali dengan arah pembebanan 0 <sup>0</sup> kondisi pasang.....	65
Tabel 4.15 Hasil analisa tegangan tali dengan arah pembebanan 0 <sup>0</sup> kondisi pasang.....	65
Tabel 4.18 Hasil analisa tegangan tali dengan arah pembebanan 180 <sup>0</sup> kondisi pasang.....	68
Tabel 4.19 Hasil analisa tegangan tali dengan arah pembebanan 180 <sup>0</sup> kondisi surut.....	68

<b>Tabel 4.20 Hasil analisa MBL/Tension maksimum apabila tali 1 putus .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabel 4.21 Hasil analisa MBL/Tension maksimum apabila tali 2 putus .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabel 4.22 Hasil analisa MBL/Tension maksimum apabila tali 3 putus .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabel 4.22 Hasil analisa MBL/Tension maksimum apabila tali 4 putus .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabel 4.23 Hasil analisa MBL/Tension maksimum apabila tali 5 putus .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabel 4.24 Hasil analisa MBL/Tension maksimum apabila tali 6 putus .....</b>	<b>71</b>

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN A DATA ARUS

LAMPIRAN B PERHITUNGAN PERIODE ULANG

LAMPIRAN C OUTPUT MOSES

LAMPIRAN D GRAFIK ANALISA TEGANGAN TALI

LAMPIRAN E *MOORING LINE ARRANGEMENT*

LAMPIRAN F KATALOG TALI NYLON

Halaman ini sengaja dikosongkan



# BAB I

## PENDAHULUAN

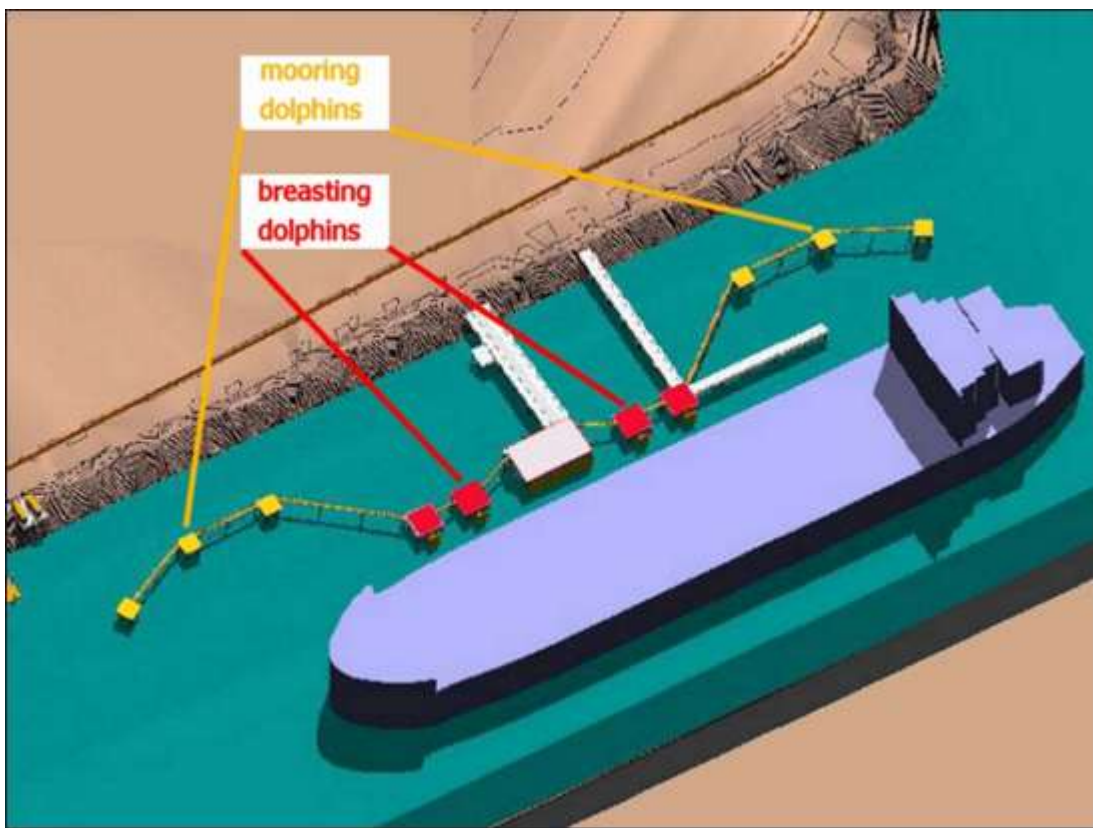
### 1.1 Latar Belakang

Penyimpanan dan transportasi saat ini merupakan faktor yang sangat penting dalam pengelolaan dan manajemen minyak bumi. Dengan pengelolaan yang efektif sebuah perusahaan dapat menerima keuntungan yang sangat besar, dan sebaliknya jika pengelolaan ini amburadul maka akan memberikan kerugian yang besar terutama dalam hal biaya produksi.

Oleh karena itu diadakannya proyek pembangunan *fuel tank* di daerah Brondong, Lamongan. Dalam proyek ini akan dibangun *fuel tank* yang nantinya akan digunakan untuk menampung minyak yang diangkut oleh kapal tanker. Dikarenakan kapal tanker yang membawa minyak memiliki DWT yang sangat besar hingga mencapai 100.000 DWT maka tidak dimungkinkan untuk kapal tanker mendekati ke pantai untuk mentransferkan minyak bumi. Oleh karena itu dibangunlah sebuah struktur *jetty* hingga mencapai kedalaman yang sesuai untuk kapal dengan DWT 100.000 untuk dapat berlabuh. Struktur *jetty* ini yang nantinya akan menjadi tempat bersandar kapal tanker tersebut. Struktur *jetty* tersebut nantinya akan disambungkan dengan *trestel* dan *coasway* yang akan menghubungkan *jetty* dengan daratan.

Dalam struktur *jetty* tersebut terdapat struktur bernama *breasting mooring dolphin dolphin*. *Breasting dolphin* berfungsi sebagai tempat bersandar kapal sedangkan *Mooring dolphin* berfungsi untuk menambatkan kapal agar kapal tidak mengalami banyak gerakan saat kapal berhenti. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah Struktur ini sangat dibutuhkan karena saat kapal tanker mentransferkan muatannya menuju *fuel tank* maka kapal tidak diperbolehkan untuk melakukan banyak gerakan. Karena kondisi laut yang tidak menentu dikarenakan perubahan angin, gelombang dan arus, maka dalam mendesign *mooring dolphin* ini perlu memperkirakan gelombang, arus, dan angin. Selain itu gaya tarik dari kapal juga perlu diperhitungkan untuk menentukan *safety factor* dari tali penambat. Selain itu pada perairan pantai juga selalu terjadi pasang surut,

hal ini harus selalu diperhitungkan agar kita dapat menghitung elevasi *mooring dolphin* yang sesuai. Dalam tugas akhir ini juga dipertimbangkan variasi dari kapal yang bersandar, di rencanakan *mooring dolphin* di daerah lamongan ini dapat menampung kapal dengan syarat 1000 DWT – 50.000 DWT. *Mooring dolphin* ini mempunyai tiga sisi, sisi dalam dan sisi luar. Sisi dalam *dolphin* di rencanakan untuk digunakan kapal dengan syarat 1000 DWT – 5.000 DWT, sedangkan sisi luar direncanakan untuk kapal 5.000 DWT – 15.000 DWT dan yang terakhir 15.000 DWT – 50.000 DWT. Pada tugas akhir ini juga akan dianalisa tegangan tali apabila ada tali tambat yang putus, apakah *mooring dolphin* masih aman atau kah tidak. Oleh karena itu tugas akhir ini ditulis untuk memberikan optimasi design *dolphin mooring* yang sesuai untuk *jetty* di lamongan ini.



**Gambar 1.1.** Gambaran Breasting dan *Mooring dolphin*  
(Sumber : mobrog.com, diakses tanggal 2 oktober 2016)

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana *layout mooring dolphin* yang sesuai untuk kapal dengan 1000 DWT – 50.000 DWT?
2. Berapa nilai tegangan tali yang dialami oleh tali *mooring* selama operasi?
3. Berapa nilai tegangan tali yang dialami *mooring* apabila ada tali tambat yang putus?

## 1.3. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Mendesain *layout mooring dolphin* yang sesuai untuk kapal dengan 1000 DWT – 50.000 DWT.
2. Menghitung nilai tegangan tali yang dialami oleh tali *mooring* selama operasi.
3. Mengetahui nilai tegangan tali *mooring* apabila ada tali tambat yang putus.

## 1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah dapat mengetahui bagaimana konfigurasi *mooring dolphin* yang sesuai untuk digunakan pada jetty di Sedayu Lawas Lamongan. Selain itu juga agar memberikan berapa nilai tegangan yang dialami tali *mooring* selama operasi sehingga dapat diketahui apakah *mooring dolphin* yang didesain sudah aman atau belum. Selain itu untuk mengetahui bagaimana reaksi *mooring line* apabila ada tali tambat yang putus, apakah tali tambat yang lain masih bisa menahan atau tidak.

## 1.5. Batasan Masalah

1. Daerah yang ditinjau adalah daerah Sedayu Lawas kecamatan Brondong kabupaten Lamongan.
2. Arah datangnya gelombang dan arah datang angin sama.
3. Dimensi Plat tidak dihitung.
4. Struktur *mooring dolphin* sudah dianggap kuat untuk menahan beban dari kapal

5. Ukuran struktur *mooring dolphin* dan *breasting dolphin* dianggap sama.
6. Tegangan tali yang digunakan adalah *effective tension*.
7. Tali yang digunakan adalah tali nylon dengan diameter 40 mm

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang digunakan dalam menyusun laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini mengandung beberapa point yang mengawali pembuatan tugas akhir ini. Mulai dari latar belakang dari tugas akhir ini dibahas, pada bagian ini dibahas asal usul serta alasan kenapa topik atau permasalahan ini diangkat menjadi sebuah tugas akhir. Setelah itu terdapat rumusan masalah. Dalam bagian ini ditunjukkan apa saja yang dipermasalahkan dalam tugas akhir ini atau dapat disebut inti permasalahan dari tugas akhir ini. Point berikutnya adalah tujuan. Dalam point ini dipaparkan mengenai tujuan yang akan dicapai dari terselesaikannya rumusan masalah yang sudah dipaparkan sebelumnya. Setelah tujuan, terdapat poin manfaat yang menjelaskan tentang kegunaan analisis dalam tugas akhir ini untuk beberapa pihak. Untuk mengurangi permasalahan dalam analisis diberikan batasan yang disajikan dalam poin batasan masalah. Setelah batasan masalah, terdapat poin sistematika penulisan yang berisi susunan penulisan tugas akhir dari awal sampai akhir.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bagian ini terdapat 2 sub bab yaitu tinjauan pustaka dan dasar teori. Isi dari tinjauan pustaka adalah referensi – referensi dan penelitian – penelitian terdahulu yang sudah dipublikasikan. Masalah dari penelitian – penelitian ini harus bersangkutan dengan masalah dalam tugas akhir ini. Sedangkan dasar teori adalah teori – teori dan rumus – rumus yang nantinya akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam tugas akhir ini.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian ini memaparkan sebuah gambaran bagaimana proses permulaan, pengerjaan, sampai akhirnya terselesaikannya tugas akhir ini. Dalam bab ini juga terdapat tentang data – data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

### BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini terdapat keseluruhan dari proses penyelesaian tugas akhir ini. Dalam bab ini semua perhitungan dan analisa harus sudah diselesaikan dan harus sudah memenuhi rumusan masalah dan tujuan yang sudah disebutkan sebelumnya.

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan terhadap hasil yang sudah diperoleh dari bab sebelumnya. Bagian kesimpulan ini harus bisa membuat pembaca paham hasil dari tugas akhir ini sudah sesuai dengan rumusan masalah atau belum. Sedangkan bagian saran berisi usulan untuk penelitian atau tugas akhir selanjutnya yang mengambil permasalahan yang hampir sama. Saran tersebut diberikan untuk melanjutkan atau memperbaiki tugas akhir yang sekarang, sehingga dapat dilakukan analisa berkelanjutan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Dalam tugas akhir ini akan dibahas mengenai design konfigurasi *dolphin mooring* untuk kapal dengan berat 1000 DWT – 100.000 DWT yang dapat digunakan pada saat pasang dan pada saat surut. Penelitian atau analisa mengenai design *dolphin mooring* ini sudah beberapa kali pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Salah satunya adalah sebuah penelitian mengenai “*Mooring Force Analysis Methods*” oleh Jennifer K. Waters, Ph.D., P.E. penelitian ini bertujuan untuk memberikan analisis yang tepat untuk gaya yang mengenai *mooring* agar tidak terjadi lagi kecelakaan – kecelakaan yang terjadi seperti rusaknya pelabuha, terjadinya polusi akibat tumpahan dari kapal yang bersandar, dll. Hanya saja pada penilitan ini hanya berfokus pada gaya – gaya yang bekerja pada *mooring* saja tapi tidak memperhitungkan bagaimana konfigurasi – konfigurasi yang efektif untuk pelabuhan. Selain itu juga terdapat tugas akhir dari Lia Sparingga Liauw yang berjudul “Studi perilaku pondasi rigid *mooring dolphin* untuk kapal CPO 30.000 DWT = Study of the behaviour of rigid foundation for *mooring dolphin* for CPO ship 30.000 DWT”. Dalam tugas akhir tersebut dilakukan analisis mengenai konfigurasi mana yang paling efektif digunakan untuk kapal dengan berat 30.000 DWT dengan variasi tiang pancang. Pada tugas akhir tersebut tidak diperhitungkan mengenai pasang surut yang terjadi pada daerah tersebut.

#### **2.2. Dasar Teori**

##### **2.2.1. Standart kapal**

Dalam merancang dermaga, perlu diketahui berbagai sifat dan fungsi kapal, karena dengan data tersebut dapat diketahui ukuran-ukuran pokok dari kapal yang berguna dalam merencanakan ukuran-ukuran teknis dermaga. Sesuai dengan perkembangan teknologi, maka dermaga sebagai prasarana harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat melayani kapal dan muatan dengan

baik. Karena antara kapal dan dermaga terdapat hubungan ketergantungan (interdependensi).

Kapal sebagai sarana pengangkut muatan mempunyai ciri-ciri tersendiri dalam menangani muatannya. Muatan tersebut dapat berbentuk gas, padat, dan cair. Kapasitas angkut kapal biasanya diukur dengan satuan DWT (*dead weight tonnage*) yaitu selisih dari *displacement* kapal yang bermuatan penuh (*extrem weight*) dan kapal kosong (*light weight*) dihitung dalam satuan ton metrik. Atau secara umum, DWT adalah kemampuan daya muat barang didalam kapal dihitung dalam satuan ton metrik. Satuan lain dalam mengukur besar kapal adalah GT (*gross tonnage*), yaitu jumlah isi dari ruang kapal secara keseluruhan dalam satuan 'registered ton' dimana satu unit *registered ton* adalah 100 cft atau  $2.83 \text{ m}^3$ . Tergantung dari jenis muatan yang diangkut, bentuk badan kapal, kecepatan

dan lain-lain, maka ukuran besar kapal tersebut menentukan dimensi kapal yaitu panjang/lebar dan kedalaman dalam ukuran satuan panjang.

Hubungan antara DWT (*dead weight tonnage*) dan GT (*gross tonnage*) adalah:

1. Kapal cargo : GT = 0.541 DWT
2. Kapal container : GT = 0.880 DWT
3. Kapal tanker/minyak : GT = 0.553 DWT
4. Kapal ro-ro : GT = 0.808 DWT

Ukuran-ukuran tersebut berguna bagi perencana dermaga dalam menentukan panjang dermaga, lebar dan kedalaman dermaga, yaitu:

1. *Overall length (L)*: ukuran panjang kapal dalam satuan panjang, dihitung mulai dari titik haluan sampai dengan buritan kapal.
2. *Midship*: titik tengah dari L.
3. *Breadth (B)*: lebar badan kapal melalui titik *midship*.
4. *Depth (D)*: kedalaman/ketinggian kapal melalui titik *midship*.



5. *Draft/draught*: ukuran kedalaman antara ‘*designed load water line*’ dengan titik terendah.
6. *Knot*: satuan kecepatan dinyatakan dalam NM/h (*nautical miles per hour*)

**Tabel 2.1** Nilai standard dari design kapal kargo

Dead Weight Tonnage <i>DWT</i> (t)	Length overall $L_{oa}$ (m)	Length between perpendiculars $L_{pp}$ (m)	Molded breadth $B$ (m)	Full load draft $d$ (m)
1,000	67	61	10.7	3.8
2,000	82	75	13.1	4.8
3,000	92	85	14.7	5.5
5,000	107	99	17	6.4
10,000	132	123	20.7	8.1
12,000	139	130	21.8	8.6
18,000	156	147	24.4	9.8
30,000	182	171	28.3	10.5
40,000	198	187	30.7	11.5
55,000	217	206	32.3	12.8
70,000	233	222	32.3	13.8
90,000	251	239	38.7	15
120,000	274	261	42	16.5
150,000	292	279	44.7	17.7

(Sumber : *Technical Standart for Port and Harbour Facilities In Japan*)

**Tabel 2.2** Kapal Kontainer

Dead Weight Tonnage <i>DWT</i> (t)	Length overall $L_{oa}$ (m)	Length between perpendiculars $L_{pp}$ (m)	Molded breadth $B$ (m)	Full load draft $d$ (m)	Reference: Container carrying capacity (TEU)
10,000	139	129	22.0	7.9	500 – 890
20,000	177	165	27.1	9.9	1,300 – 1,600
30,000	203	191	30.6	11.2	2,000 – 2,400
40,000	241	226	32.3	12.1	2,800 – 3,200
50,000	274	258	32.3	12.7	3,500 – 3,900
60,000	294	279	35.9	13.4	4,300 – 4,700
100,000	350	335	42.8	14.7	7,300 – 7,700

(Sumber : *Technical Standart for Port and Harbour Facilities In Japan*)

**Tabel 2.3 Kapal Tanker**

Dead Weight Tonnage <i>DWT</i> (t)	Length overall <i>L<sub>oa</sub></i> (m)	Length between perpendiculars <i>L<sub>pp</sub></i> (m)	Molded breadth <i>B</i> (m)	Full load draft <i>d</i> (m)
1,000	63	57	11.0	4.0
2,000	77	72	13.2	4.9
3,000	86	82	14.7	5.5
5,000	100	97	16.7	6.4
10,000	139	131	20.6	7.6
15,000	154	146	23.4	8.6
20,000	166	157	25.6	9.3
30,000	184	175	29.1	10.4
50,000	209	199	34.3	12.0
70,000	228	217	38.1	12.9
90,000	243	232	41.3	14.2
100,000	250	238	42.7	14.8
150,000	277	265	48.6	17.2
300,000	334	321	59.4	22.4

(Sumber : *Technical Standart for Port and Harbour Facilities In Japan*)

**Tabel 2.4 Liquefied Petroleum Gas (LPG) carries**

Gross Tonnage <i>GT</i> (t)	Length overall <i>L<sub>oa</sub></i> (m)	Length between perpendiculars <i>L<sub>pp</sub></i> (m)	Molded breadth <i>B</i> (m)	Full load draft <i>d</i> (m)
3,000	98	92	16.1	6.3
5,000	116	109	18.6	7.3
10,000	144	136	22.7	8.9
20,000	179	170	27.7	10.8
30,000	204	193	31.1	12.1
40,000	223	212	33.8	13.1
50,000	240	228	36.0	14.0

(Sumber : *Technical Standart for Port and Harbour Facilities In Japan*)

**Tabel 2.5 Liquefied Natural Gas (LNG) carries**

Gross Tonnage <i>GT</i> (t)	Length overall <i>L<sub>oa</sub></i> (m)	Length between perpendiculars <i>L<sub>pp</sub></i> (m)	Molded breadth <i>B</i> (m)	Full load draft <i>d</i> (m)
20,000	174	164	27.8	8.4
30,000	199	188	31.4	9.2
50,000	235	223	36.7	10.4
80,000	274	260	42.4	11.5
100,000	294	281	45.4	12.1

(Sumber : *Technical Standart for Port and Harbour Facilities In Japan*)

**Tabel 2.6. Passenger Ship**

Gross Tonnage <i>GT</i> (t)	Length overall <i>L<sub>oa</sub></i> (m)	Length between perpendiculars <i>L<sub>pp</sub></i> (m)	Molded breadth <i>B</i> (m)	Full load draft <i>d</i> (m)
3,000	97	88	16.5	4.3
5,000	115	104	18.6	5.0
10,000	146	131	21.8	6.4
20,000	186	165	25.7	7.8
30,000	214	189	28.2	7.8
50,000	255	224	32.3	7.8
70,000	286	250	32.3	8.1
100,000	324	281	32.3	8.1

(Sumber : *Technical Standart for Port and Harbour Facilities In Japan*)

**Tabel 2.7 Ferries**

Gross Tonnage <i>GT</i> (t)	Length overall <i>L<sub>oa</sub></i> (m)	Length between perpendiculars <i>L<sub>pp</sub></i> (m)	Molded breadth <i>B</i> (m)	Full load draft <i>d</i> (m)
400	56	47	11.6	2.8
700	70	60	13.2	3.2
1,000	80	71	14.4	3.5
3,000	124	116	18.6	4.6
7,000	141	130	22.7	5.7
10,000	166	155	24.6	6.2
13,000	194	179	26.2	6.7

**Sumber : *Technical Standart for Port and Harbour Facilities In Japan***

### 2.2.2. Konversi Data Angin ke Gelombang

Dari data angin yang diperoleh kemudian akan digunakan untuk mendapatkan data gelombang yang terjadi. Gelombang diasumsikan oleh adanya angin yang berhembus dengan jarak fetch tertentu. Parameter tinggi gelombang *H* dan periode gelombang *T* kemudian yang dapat menentukan elevasi rencana pada breasting *dolphin* gaya gelombang yang terjadi dan dampak scouring yang terjadi. Tahap awal untuk mendapatkan parameter *H* dan *T* adalah dengan membuat data angin menjadi mawar angin sehingga dapat diketahui arah dan kecepatan yang terjadi. Kemudian diketahui panjang fetch yang terjadi. Fetch merupakan daerah hembusan angin yang terjadi pada suatu perairan. Fetch rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut (CEM, 2002).

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \dots\dots\dots(1)$$

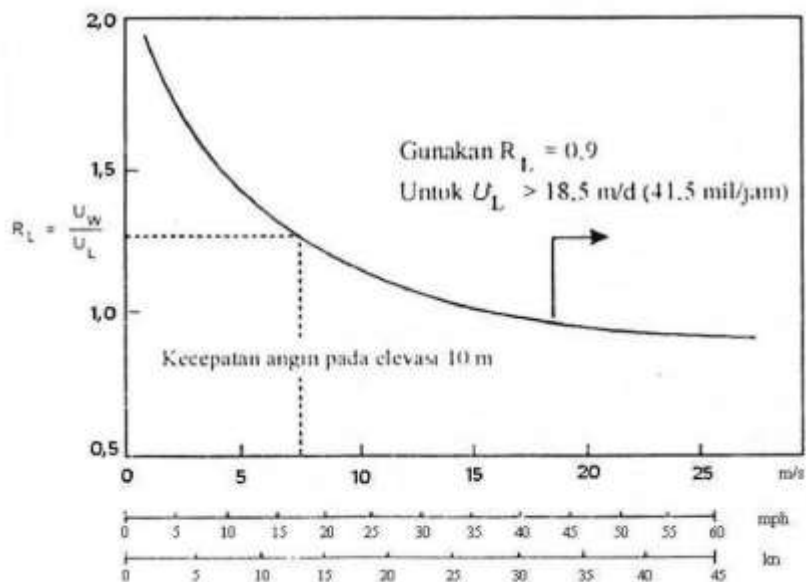
dengan:

F eff = fetch efektif

Xi = panjang garis fetch (Km)

□ = deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.

Kemudian dengan menggunakan grafik hubungan antara kecepatan angin dilaut dan di darat, akan di dapatkan nilai Uw angin berikut:



**Gambar 2.1** Grafik Hubungan Kecepatan Angin Di Laut Dan Di Darat (Sumber: SPM, 2002)

dengan:

RL = koreksi terhadap pencatan angin yang dilakukan di darat

UW = kecepatan angin di ukur di darat dekat laut (m/s)

UL = kecepatan angin di ukur di darat (m/s)

Dalam peramalan gelombang maka kecepatan angin tersebut harus diubah

ke dalam *Wind Stress* Faktor, UA, dengan menggunakan formulasi pada persamaan berikut ini

$$U_A = 0,71 \cdot U^{1,23} \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

U = kecepatan angin (m/second)

UA = wind stress factor

Tinggi gelombang signifikan (HS), periode signifikan (TS) didapatkan dengan cara memasukkan nilai *wind stress factor*, UA, panjang fetch efektif (Feff) pada grafik SPM (*Shore Protection Manual*) atau dengan memasukkan nilai-nilai tersebut kedalam formulasi persamaan forecasting gelombang laut dalam berikut ini yang merupakan formulasi pendekatan dari grafik menurut SPM, 1984 vol. 1 sebagai berikut.

$$H_s = 5.112 \times 10^{-4} U_A F^{1/2} \dots\dots\dots(3)$$

$$T_o = 6.238 \times 10^{-2} \times (U_A \times F)^{0.33} \dots\dots\dots(4)$$

$$t = 3.2115 \times \left( \frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3} \dots\dots\dots(5)$$

$$H_s = 1.42 \times H_{rms} \dots\dots\dots(6)$$

$$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i^2} \dots\dots\dots(7)$$

$$H_{avg} = \sum \frac{H_0}{N} \dots\dots\dots(8)$$

$$T_{avg} = \sum \frac{T_0}{N} \dots\dots\dots(9)$$

Dengan:

Ho = tinggi gelombang laut dalam (m)

$T_o$  = periode gelombang laut dalam (s)

$t$  = durasi gelombang(s)

UA = faktor tegangan angin

RL = hubungan UL dan UW (kecepatan angin di darat dan laut)

Hrms = H root mean square (m)

Hs = tinggi gelombang signifikan (m)

Havg = tinggi gelombang laut dalam rata-rata (m)

Tavg = periode gelombang laut dalam rata-rata (s)

### 2.2.3. Perkiraan Gelombang Dengan Periode Ulang (Analisa Frekuensi)

Frekuensi gelombang-gelombang besar merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai. Untuk menetapkan gelombang dengan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran cukup panjang (50 tahun sesuai umur operasi rencana struktur berdasarkan SNI-1726-2012). Data tersebut bisa berupa data pengukuran gelombang atau data gelombang hasil prediksi (peramalan) berdasarkan data angin. Dari setiap tahun pencatatan dapat ditentukan gelombang representatif, seperti Hs, H<sub>10</sub>, H<sub>1</sub>, H<sub>maks</sub> dan sebagainya.

Berdasarkan data representatif untuk beberapa tahun pengamatan dapat diperkirakan gelombang yang diharapkan disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun, dan gelombang tersebut dikenal dengan gelombang periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan. Misalkan apabila  $T = 50$ , gelombang yang diperkirakan adalah gelombang 50 tahunan atau gelombang dengan periode ulang 50 tahun, artinya bahwa gelombang tersebut diharapkan disamai atau dilampaui rata-rata sekali dalam 50 tahun.

Hal ini berarti bahwa gelombang 50 tahunan hanya akan terjadi satu kali dalam setiap periode 50 tahun yang berurutan; melainkan diperkirakan bahwa gelombang tersebut jika dilampaui k kali dalam periode panjang M tahun akan mempunyai nilai  $k/M$  yang kira – kira sama dengan  $1/50$ . Terdapat dua metode untuk memprediksi gelombang dengan periode ulang tertentu, yaitu distribusi Gumbell (fisher-Tippett type I) dan distribusi Weibull (CERC, 1992). Dalam metode ini prediksi dilakukan untuk memperkirakan tinggi gelombang

signifikan dengan berbagai periode ulang. Distribusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah distribusi weibul yang mempunyai bentuk berikut ini:

$$P\left(H_s \leq \hat{H}_s\right) = 1 - e^{-e^{\left(\frac{\hat{H}-B}{A}\right)}} \dots\dots\dots (11)$$

dengan:

- $P\left(H_s \leq \hat{H}_s\right)$  : probabilitas bahwa  $\hat{H}$  tidak dilampaui
- H : tinggi gelombang representatif (m)
- $\hat{H}$  : tinggi gelombang dengan nilai tertentu (m)
- A : parameter skala
- B : parameter lokasi

Data masukan disusun dalam urutan dari besar ke kecil. Selanjutnya probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

$$P\left(H_s \leq \hat{H}_s\right) = 1 - \frac{m - 0.2 - \frac{0.27}{\sqrt{\kappa}}}{N_T + 0.2 + \frac{0.23}{\sqrt{\kappa}}} \dots\dots\dots(12)$$

dengan:

- $P\left(H_s \leq \hat{H}_s\right)$  : probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui

- $H_{sm}$  : tinggi gelombang urutan ke( m)
- m : nomorurut tinggi gelombang signifikan = 1, 2, 3.....N
- $N_T$  : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan (bisa lebih dari gelombang representatif)

Hitungan didasarkan pada analisis regresi linear dari hubungan berikut:

$$H_m = \hat{A} y_m + \hat{B} \dots\dots\dots (13)$$

Dengan  $y_m$  untuk distribusi Weibull :

$$y_m = [-\ln\{1 - F(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/\kappa} \dots\dots\dots (14)$$

Dengan  $\hat{A}$  dan  $\hat{B}$  adalah perkiraan dari parameter skala dan lokal yang diperoleh dari analisis regresi linear. Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan rumus berikut:

$$H_{sr} = \hat{A} y_r + \hat{B} \dots\dots\dots (15)$$

Dengan  $y_r$  untuk distribusi Weibull diberikan dalam bentuk berikut:

$$y_m = [\ln\{(LT_r)\}] \dots\dots\dots (16)$$

dengan:

$H_{sm}$  : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang  $Tr$  (m)

$Tr$  : periode ulang (tahun)

$K$  : panjang data (tahun)

$L$  : rerata jumlah kejadian per tahun  $= \frac{N_T}{K}$

Standart deviasi dari pendekatan yang dilakukan oleh Gumbell (1958) dan Goda (1988) (dalam CERC, 1992). Persamaan dari standart deviasi yang dinormalkan dihitung adalah:

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha(y_r - c + \varepsilon \ln v)^2]^{1/2} \dots\dots\dots (17)$$

dengan:

$\sigma_{nr}$  : standart deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang  $Tr$

$N$  : jumlah data tinggi data gelombang signifikan.

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1.3} + \kappa \sqrt{-\ln v}} \dots\dots\dots (18)$$



$\alpha_1, \alpha_2, \varepsilon, \kappa, c$  : koefisien empiris yang diberikan oleh tabel 2.3.

$$v = \frac{N}{N_T} \dots\dots\dots (19)$$

**Tabel 2.8** Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar

Distribusi	$a1$	$a2$	$\kappa$	$c$	$\varepsilon$
FT-1	0.64	9	0.93	0	1.33
Weibull (k = 0.75)	1.65	11.4	-0.63	0	1.15
Weibull (k = 1.0)	1.92	11.4	0	0.3	0.9
Weibull (k = 1.4)	2.05	11.4	0.69	0.4	0.72
Weibull (k = 2.0)	2.24	11.4	1.34	0.5	0.54

(Sumber: CERC, 1992)

#### 2.2.4 Pasang Surut Air Laut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari.

Pengetahuan tentang pasang surut sangat penting dalam perencanaan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pelabuhan. Sebagai contoh, elevasi puncak bangunan pemecah gelombang dan dermaga ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sementara kedalaman alur pelayaran dan perairan pelabuhan ditentukan oleh muka air surut.

Terdapat 4 posisi penting dari siklus perputaran Matahari, Bumi dan Bulan yang mempengaruhi terjadinya pasang surut,

- a. Bulan Seperempat (*First Quarter*) : Bulan ada pada sudut  $90^\circ$  dari garis bumi dan matahari menimbulkan rangkaian pasang surut Neap atau *Neap tide*.
- b. Bulan Penuh (*Full Moon*) : Bulan, Bumi dan Matahari berada dalam satu garis menghasilkan rangkaian pasang surut Spring atau *Spring tide*.
- c. Bulan Tiga perempat (*Third Quarter*) : Bulan ada pada sudut  $90^\circ$  dari garis bumi dan matahari menimbulkan rangkaian pasang surut Neap atau *Neap tide*.

d. Bulan Mati atau bulan baru (*New Moon*) : Bulan, Bumi dan Matahari berada dalam satu garis menghasilkan rangkaian pasang surut Spring atau Spring tide.

*Spring tide* merupakan rangkaian perubahan muka air pasang surut dengan perbedaan antara elevasi pasang dan surut relatif tinggi. Neap tide menghasilkan perbedaan antara elevasi pasang dan surut relatif rendah dan dengan rangkaian lama kejadian baik neap maupun spring tide sekitar 4 sampai 6 hari.

Siklus perputaran bulan mengelilingi bumi terjadi selama sekitar 30 hari tetapi siklus spring dan neap tide terjadi setiap 15 hari sekali. Sedang perputaran bulan mengelilingi Bumi dan perputaran Bumi sendiri menghasilkan perubahan permukaan air yang membentuk pasang surut harian. Siklus pasang surut ini membentuk pola yang disebut type pasang surut yaitu:

- a. Pasang harian tunggal (*diurnal*) bila terjadi 1 kali pasang dan surut dalam sehari sehingga dalam satu periode berlangsung sekitar 12 jam 50 menit.
- b. Pasang harian ganda (*semi diurnal*) bila terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dalam sehari.
- c. Pasang surut campuran (*mixed*) : baik dengan didominasi semi diurnal maupun diurnal.

Type pasang surut ini juga dapat dihitung menggunakan rumusan Formzahl yaitu

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \dots\dots\dots(20)$$

- Dimana :
- $O_1$  = unsur pasut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
  - $K_1$  = unsur pasut tunggal yang disebabkan oleh gaya tarik matahari
  - $M_2$  = unsur pasut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
  - $S_2$  = unsur pasut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

dimana nilai Formzahl,

$F = 0.00 - 0.25$  ; pasut bertipe ganda (semi diurnal)

$F = 0.26 - 1.50$  ; pasut bertipe campuran dengan tipe ganda yang menonjol

(mixed, mainly semi diurnal)

$F = 1.51 - 3.00$  ; pasut bertipe campuran dengan tipe tunggal yang menonjol

(mixed, mainly diurnal)

$F > 3.00$  ; pasut bertipe ( diurnal)

Sedangkan untuk menghitung tinggi dan rendahnya pasang surut ditentukan dengan rumus-rumus sebagai berikut :

$$\text{MSL} = Z_0 + 1,1 ( M_2 + S_2 ) \dots\dots\dots (21)$$

$$\text{MHWL} = Z_0 + (M_2+S_2) \dots\dots\dots (22)$$

$$\text{HHWL} = Z_0+(M_2+S_2)+(O_1+K_1)\dots\dots\dots .(23)$$

$$\text{MLWL} = Z_0 - (M_2+S_2) \dots\dots\dots .(24)$$

$$\text{LLWL} = Z_0-(M_2+S_2)-(O_1+K_1) \dots\dots\dots .(25)$$

dengan:

MSL = Muka air laut rerata (*mean sea level*)

MHWL = Muka air tinggi rerata (*mean high water level*)

HHWL = Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level*)

MLWL = Muka air rendah rerata (*mean low water level*)

LLWL = Air rendah terendah (*lowest low water level*)

### 2.2.5. Teori Dasar Gerakan Bangunan Apung

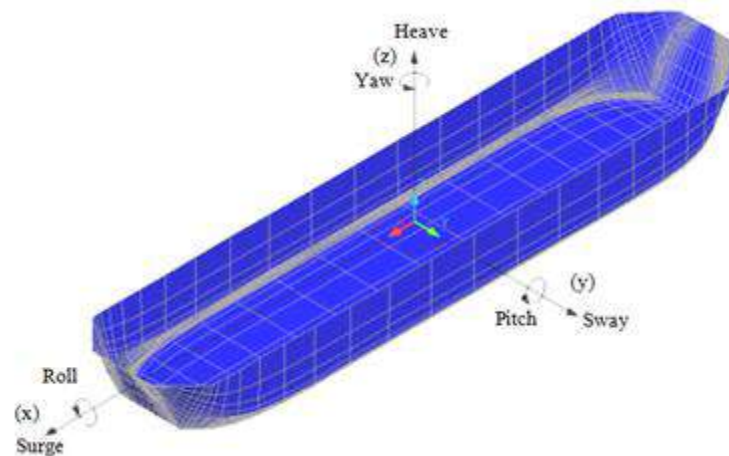
Struktur bangunan apung mempunyai enam moda gerakan bebas yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu tiga moda gerakan translasional dan tiga moda gerakan rotasional. Keenam moda gerakan tersebut adalah :

1. Moda gerak translasional
  - a. *Surge*, gerakan translasional arah sumbu x
  - b. *Sway*, gerakan translasioal arah sumbu y
  - c. *Heave*, gerakan translasioal arah sumbu z

## 2. Moda gerak rotasional

- a. *Roll*, gerakan rotasional arah sumbu x
- b. *Pitch*, gerakan rotasional arah sumbu y
- c. *Yaw*, gerakan rotasional arah sumbu z

Moda gerakan tersebut dapat dilihat penjelasannya pada gambar 2.2. Dengan memakai konversi sumbu tangan kanan tiga gerakan translasi pada arah sumbu x, y dan z, adalah masing-masing *surge* ( $\zeta_1$ ), *sway* ( $\zeta_2$ ) dan *heave* ( $\zeta_3$ ), sedangkan untuk gerakan rotasi terhadap ketiga sumbu adalah *roll* ( $\zeta_4$ ), *pitch* ( $\zeta_5$ ) dan *yaw* ( $\zeta_6$ ).



**Gambar 2. 2** Enam derajat kebebasan pada struktur bangunan apung (Ardhiansyah, 2010)

### 2.2.6. Respon Amplitude Operator (RAO)

*Response Amplitude Operator* (RAO) merupakan fungsi respon gerakan dinamis struktur yang disebabkan oleh gelombang dengan rentang frekuensi tertentu. RAO merupakan alat untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respon gerakan dinamis struktur. Menurut Chakrabarti (1987) RAO dapat didefinisikan sebagai :

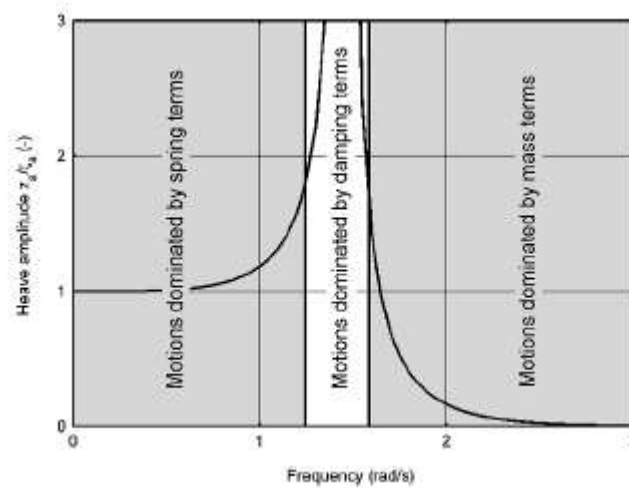
$$RAO = X_p(\omega) / \eta(\omega)$$

Dengan :

$$X_p(\omega) = \text{amplitudo struktur} \dots \dots \dots (26)$$

$$\eta(\omega) = \text{amplitudo gelombang} \dots \dots \dots (27)$$

RAO dapat diilustrasikan sebagai grafik perbandingan amplitudo respon dengan amplitudo gelombang terhadap frekuensi gelombang.



**Gambar.2.3.** Grafik Respons Gerakan Bangunan Apung (Journee *et all*, 2001)

### 2.2.7. Sistem Tambat

Sistem tambat pada fasilitas struktur bangunan apung pada prinsipnya berfungsi menjaga posisinya agar tetap berada tetap pada tempatnya atau jarak jangkauannya. Secara garis besar sistem tambat dapat dikategorikan sebagai *weathervaning* dan *non-weathervaning*. Dikatakan *weathervaning* jika respon struktur bangunan apung bebas berputar 360 derajat tergantung arah beban lingkungan yang mengenainya, contoh *tower mooring system*. Sedangkan *non-weathervaning*, arah respon struktur dibatasi dan beban lingkungan yang menyimpannya ditahan oleh struktur bangunan apung, contoh : *dolphin mooring*.

### 2.2.8 Beban tambat (*mooring forces*)

Kapal yang merapat di dermaga akan ditambat dengan menggunakan tali ke alat penambat yang disebut *bollard*. Gaya tarikan kapal pada alat penambat yang disebabkan oleh angin dan arus pada badan kapal disebut gaya tambat

(*mooring forces*). Berikut diberikan metode untuk menghitung gaya tarikan kapal yang ditimbulkan oleh angin dan arus (Triatmodjo, 2009:222)

a. Gaya akibat angin

Angin yang berhembus ke badan kapal yang ditambatkan pada *bollard* akan menyebabkan gerakan kapal yang bisa menimbulkan gaya tarik pada dermaga. Besarnya angin tergantung pada arah hembusan angin dan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Triatmodjo, 2009:222):

1. Gaya longitudinal apabila angin datang arah haluan ( $= 0^0$ )

$$R_w = 0,42 Q_a A_w \dots\dots\dots(28)$$

2. Gaya longitudinal apabila angin datang arah buritan ( $= 180^0$ )

$$R_w = 0,5 Q_a A_w \dots\dots\dots(29)$$

3. Gaya lateral apabila angin datang dari arah lebar ( $= 90^0$ )

$$R_w = 1,1 Q_a A_w \dots\dots\dots(30)$$

$$Q_a = 0,063 V^2 \dots\dots\dots(31)$$

dengan :

$R_w$  : gaya akibat angin (kg);

$Q_a$  : tekanan angin ( $kg/m^2$ );

$V$  : kecepatan angin (m/dt);

$A_w$  : proyeksi bidang yang tertiuip angin ( $m^2$ ).

b. Gaya akibat arus

Arus yang bekerja pada kapal yang terendam air akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang diteruskan pada dermaga. Besarnya gaya yang ditimbulkan oleh arus dapat dihitung dengan persamaan berikut (Triatmodjo, 2009:223) :

$$R_a = C_c \gamma_w A_c \frac{V_c^2}{2g} \dots\dots\dots(32)$$

dengan :

$R_a$  : gaya akibat arus (kgf);

$A_c$  : luas tampang kapal yang terendam air (m<sup>2</sup>);

$\gamma_w$  : rapat massa air laut (1025 kg/m<sup>3</sup>);

$V_c$  : kecepatan arus (m/d);

$C_c$  : koefisien tekanan arus.

Nilai  $C_c$  adalah faktor untuk menghitung gaya lateral dan memanjang. Nilai  $C_c$  tergantung pada bentuk kapal dan kedalaman air di depan tambatan. Faktor untuk menghitung gaya arus memanjang (*longitudinal*) bervariasi dari 0,2 untuk laut dalam dan 0,6 untuk perbandingan antara kedalaman air dan draft kapal mendekati 1. Faktor untuk menghitung gaya arus melintang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 2.9** gaya arus melintang dan memanjang

Deskripsi	Cc	
	Gaya arus melintang	Gaya arus memanjang
Air dalam	1,0 - 1,5	0,2
Kedalaman air/draft kapal =2	2,0	-
Kedalaman air /draft kapal = 1,5	3,0	-
Kedalaman air /draft kapal = 1,1	5,0	-
Kedalaman air/draft kapal =1	6,0	-
Kedalaman air/draft kapal = 1	-	0,6

Sumber : Triatmodjo, (2009 : 233)

### **2.2.8. Mooring arrangement**

*Mooring Arrangement* adalah pengaturan *mooring line* yang akan ditambatkan ke kapal. Pengaturan ini tidak bisa dilakukan dengan ceroboh. Jenis dan jumlah dari tambatan harus sesuai dengan *dock type* dan kondisi loading dari kapal itu sendiri. Misalnya dalam kapal cargo *Mooring Arrangement* nya akan selalu melakukan penalian double pada setiap line. Untuk posisi line pada kapal akan dijelaskan sebagai berikut :

#### **a. Bow Line**

Biasanya ditempatkan dibagian haluan kapal yang akan menyebabkan kapal mengarah ke arah dermaga. Line ini akan membantu kapal untuk mendekati dermaga

#### **b. After Bow Spring**



Line ini mencegah kapal untuk melakukan *surging* ke depan akibat adanya gaya angin atau gaya arus.

c. *Forward Bow Spring*

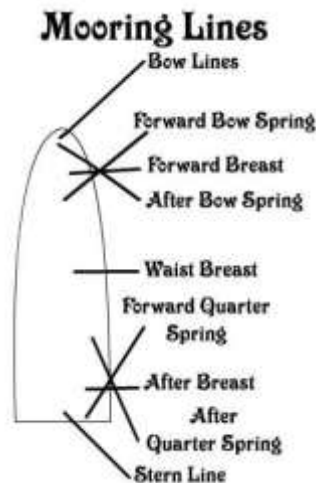
Line ini akan mencegah kapal untuk melakukan surging kebelakang.

d. *Breast lines*

Line ini yang akan menjaga kapal untuk merapat ke dermaga. Tetapi line ini tidak mencegah terjadinya surge. Ada tiga tipe dari line ini yaitu forward breast, waist breast, dan after breast.

e. *Stern lines*

Biasanya kapal. Fungsinya hampir



ditempatkan pada haluan sama dengan bow line

**Gambar 2.3** *Mooring Line*

(Sumber : Cadet Site. 2012. *Mooring Line*. <http://deckskills.tripod.com/cadetsite/id131>

(Diakses 22 Agustus 2016)

### **2.2.9. Teori dan Kriteria Desain Konfigurasi *Mooring Dolphin***

Untuk mendesain konfigurasi *mooring dolphin* kriteria desain harus sesuai dengan code OCIMF, yaitu :

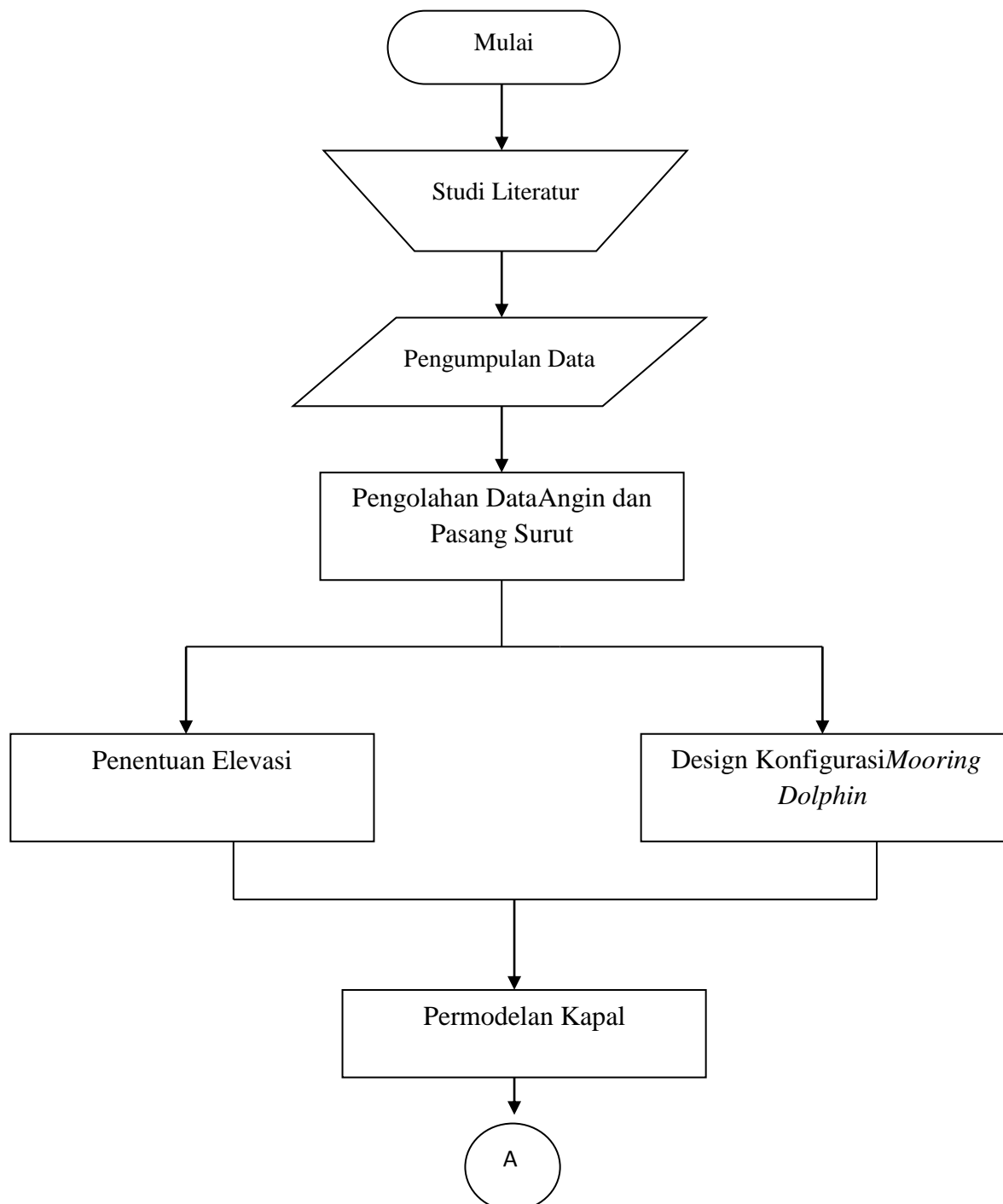
1. Sudut horizontal pada bow dan stern line maksimal  $45^0$  terhdap garis tegak lur lambung kapal
2. Sudut horizontal pada breast line maksimal  $15^0$  terhadap garis tegak lurus lambung kapal
3. Sudut horizontal spring line maksimal  $10^0$  terhadap lambung kapal
4. Sudut vertikal pada *mooring* line maksimal  $25^0$  terhadap tinggi kapal
5. Jarak antara berthing *dolphin* adalah 0,3 LOA
6. Jarak antara plat struktur dan muka air tertinggi maksimal adalah 1,5 m
7. Jarak antara kapal ke *mooring dolphin* berkisar antara 30 – 50 m
8. Jumlah *mooring dolphin* dalam satu konfigurasi maksimal adlah 6
9. Jumlah bresting *dolphin* dalam satu konfigurasi maksimal adalah 4

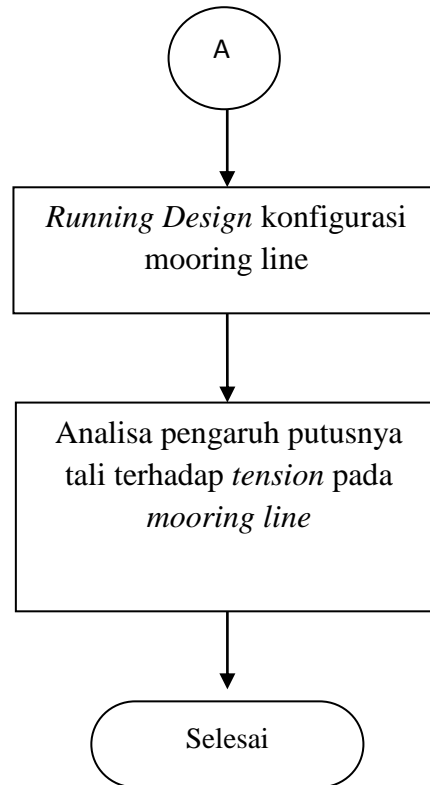
## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir

Berikut merupakan alur pengerjaan atau metodologi penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini. Metodologi penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 3.1.





**Gambar 3.1.** Skema Diagram Alur Tugas Akhir

### 3.2 Penjelasan Diagram Alir

Berikut ini adalah penjelasan mengenai diagram alir diatas :

#### 1. Studi literatur

Pada tahapan ini penulis mempelajari beberapa literatur – literatur yang berkaitan mengenai arus, angin, *mooring* design,dll. Beberapa contoh literatur yang sudah dibaca adalah *Tecnical standart and comentaries for port and harbour facilities in japan*, *Unified Facilities Criteria (UFC) Design Mooring*,*OCIMF,Fixxed Mooring Design Manual*.

#### 2. Pengumpulan data

Pada tahapan ini penulis mengumpulkan beberapa data yang akan digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Seperti data angin, batrimetri, data arus, Kapal , pasang surut

#### 3. Pengolahan Data Angin dan Data Pasang Surut

Pada tahapan ini akan dilakukan pengolahan data angin yang akan dideformasikan menjadi data golombang. Selain itu juga akan diolah data pasang surut untuk mengetahui profil pasang surut dan muka air tertinggi dan terendah pada lokasi.

#### 4. Penentuan Elevasi

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan elevasi dan kedalam minimum dari lokasi jetty yang akan digunakan. Hal ini ditujukan agar kapal yang bersandar tidak karam saat bersandar.

#### 5. Rencana Konfigurasi *Mooring*

Pada tahap ini mulai direncanakan bagaimana konfigurasi *mooring* yang sesuai untuk digunakan pada jetty. Rencana konfigurasi ini didesign berdasarkan code OCIMF. Hasil rencana konfigurasi *mooring* pada tahap ini masih belum fix

karena perlu dilakukan perhitungan tension dari tali *mooring* untuk mengetahui bahwa design *mooring* sudah aman.

## 6. Permodelan Kapal

Pada tahap ini akan dilakukan permodelan kapal yang sesuai untuk dimasukkan pada software orcaflex. Permodelan kapal ini dilakukan menggunakan software Maxurf dan Mosses.

## 7. Running Design Konfigurasi *Mooring*

Pada tahap ini akan dilakukan running design konfigurasi *mooring*. Tujuan dari running ini adalah untuk mendapatkan effective tension dari tali tambat yang digunakan. Dari effective tension kita akan mendapatkan safety factor yang akan menunjukkan bahwa design sudah aman ataukah belum. Bila didapatkan design tidak aman maka perlu dilakukan re design konfigurasi *mooring*. Software yang digunakan dalam pelaksanaan *mooring* ini adalah orcaflex.

## 8. Analisa pengaruh putusnya tali terhadap *tension* pada *mooring line*

Dalam tahap ini akan dilakukan analisa terhadap tegangan yang terjadi pada *mooring line* apabila ada tali tambat yang putus. Dari analisa ini akan diketahui apakah design dapat bertahan apabila ada tali yang putus.

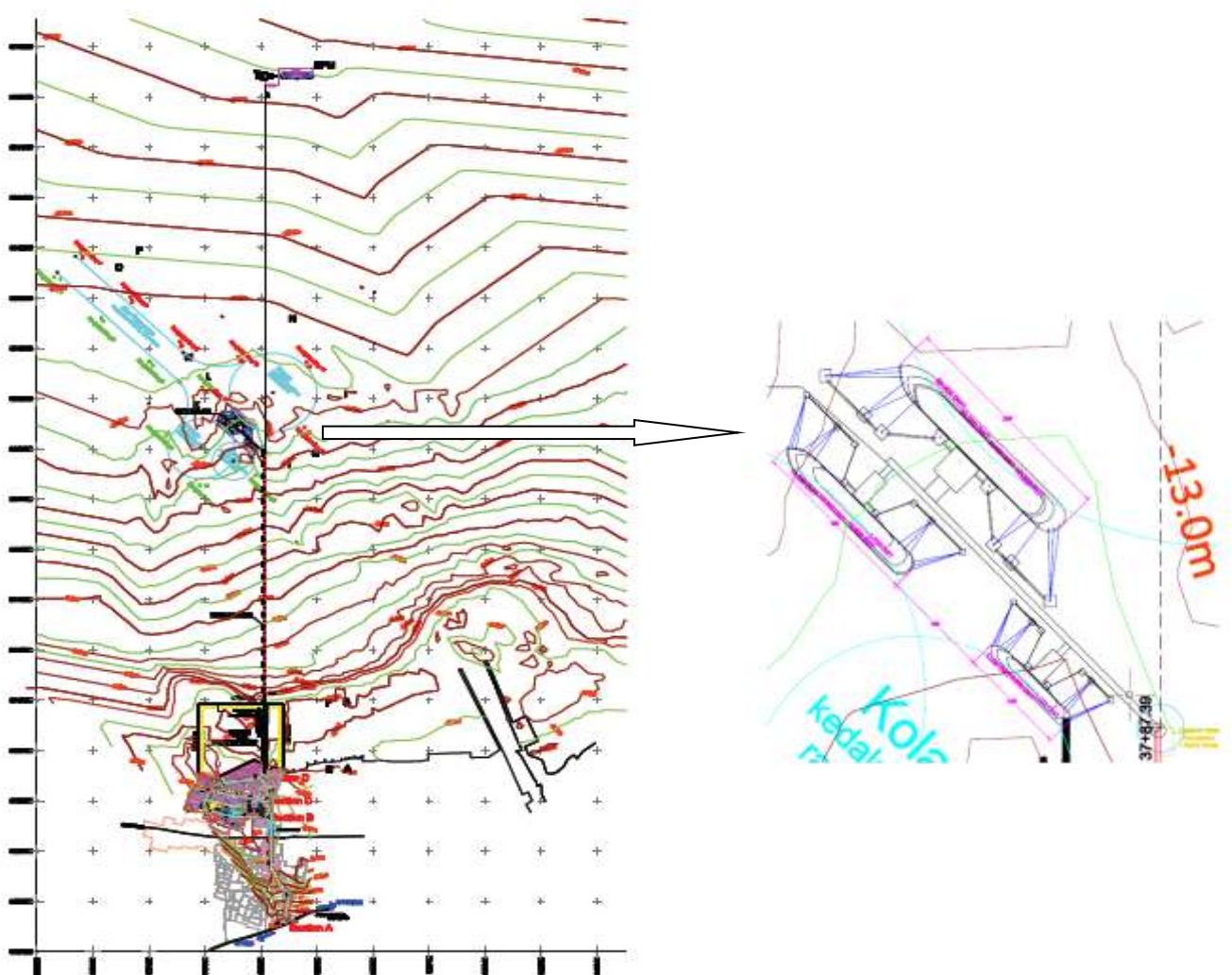
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pengumpulan Data

Data – data yang diperluakkan meliputi data general dimension kapal, data batrimetri, data arus (pada lampiran). Pengumpulan data yang sudah didapatkan adalah sebagai berikut :

##### a. Data Batrimetri



Gambar 4.1. Data Batrimetri

b. Data kapal

**Tabel 4.1** Data Dimensi Kapal

DWT	LOA	LPP	B	d	T
1000	63	57	11	4	0.5
2000	77	72	13.2	4.9	0.7
3000	86	82	14.7	5.5	1
5000	100	97	16.7	6.4	1.4
10.000	139	131	20.6	7.6	2
15.000	154	146	23.4	8.6	2.6
20.000	166	157	25.6	9.4	3.1
30.000	184	175	29.1	10.4	3.7
50.000	209	199	34.3	12	4.9

#### 4.2. Perhitungan Arah dan Kecepatan Angin

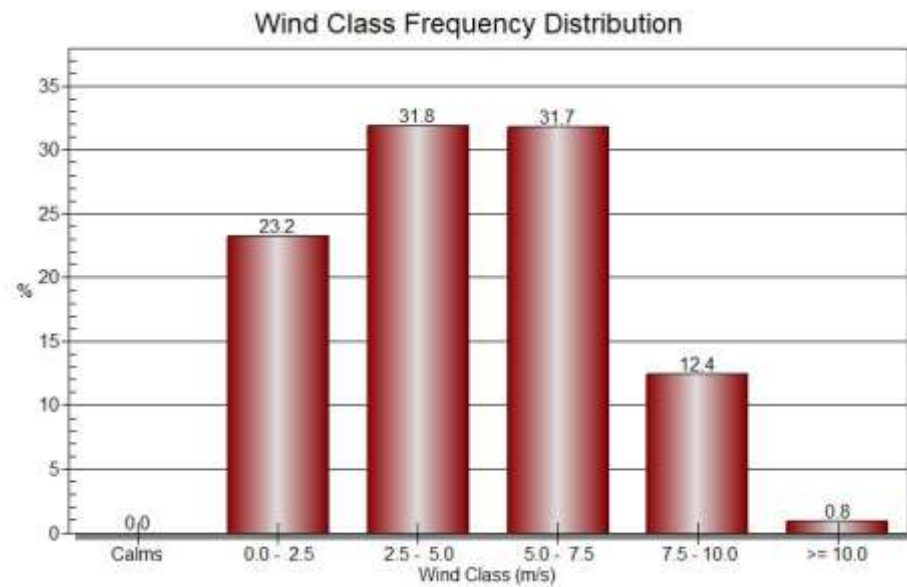
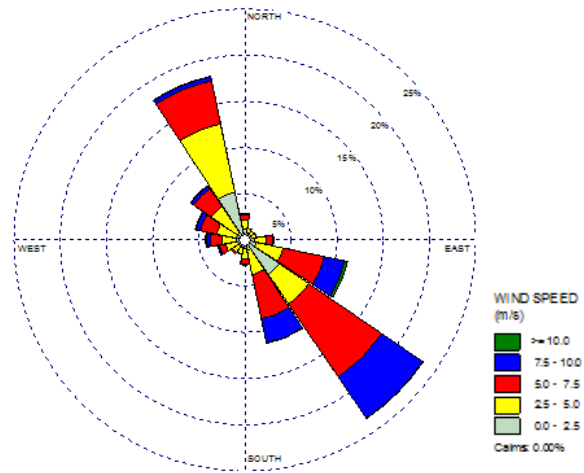
Untuk mengetahui arah dan kecepatan angin pada lapangan diperlukan data angin tahunan yang diperoleh dari BMKG. Data angin yang akan dipakai adalah data angin dari tahun 2005 – 2015. Data yang didapatkan dari BMKG ini berupa data arah dan kecepatan angin per jam selama 2005 – 2015. Data angin tersebut kemudian akan diolah dan disajikan dalam bentuk *Windrose*. *Windrose* adalah gambar permodelan data angin yang diwujudkan dalam bentuk grafik. Tujuan dari dibuatnya *windrose* ini adalah untuk mempermudah mengetahui arah datang angin yang paling dominan dan kecepatan angin, sehingga bisa dihitung *fetch* dan nantinya akan digunakan untuk mencari properti gelombang. Untuk melakukan permodelan *windroses* ini digunakan data angin mulai dari tahun 2005 – 2015. Data dari tahun – tahun ini nantinya akan di olah dalam *wr plot*, sehingga didapatkan tabel distribusi frekuensi, grafik wind rose, dan juga tabel pengelompokan angin. Hasil dari input data angin ini dapat dilihat pada tabel 4.2 dan gambar 4.2.



**Tabel 4.2.** Distribusi dan Kecepatan Angin

Arah	0.0 - 2.5	2.5 - 4.0	4.0 - 7.5	7.5 - 10.0	>= 10.0	Total (%)
N	1.16	1.06	0.54	0.11	0.00	2.87
NNE	0.87	0.45	0.04	0.00	0.00	1.36
NE	0.83	0.32	0.01	0.00	0.00	1.16
ENE	0.74	0.54	0.04	0.001	0.00	1.32
E	1	1.32	0.71	0.07	0.00	3.12
ESE	1.29	2.92	4.54	2.24	0.34	11.32
SE	4.38	3.79	9.53	4.34	0.07	23.32
SSE	1.14	2.70	4.85	2.66	0.05	11.4
S	0.96	1.08	0.58	0.07	0.001	2.7
SSW	0.84	0.71	0.08	0.001	0.00	1.63
SW	0.86	0.81	0.13	0.16	0.01	1.8
WSW	0.79	1.36	0.66	0.18	0.04	3.04
W	0.88	1.62	1.23	0.37	0.14	4.25
WNW	0.95	2.19	1.78	0.47	0.89	4.49
NW	1.03	3.37	2.29	0.38	0.07	7.15
NNW	4.28	7.55	4.72	0.45	0.05	18.04
Sub- Total	23.23%	31.79%	31.75%	12.38%	0.85 %	100%

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil dari pengelompokan atau distribusi angin yang terjadi. Akan tetepi untuk lebih mudah lagi dalam melihatnya maka akan disajikan dalam bentuk grafik seperti gambar 4.2 dibawah.

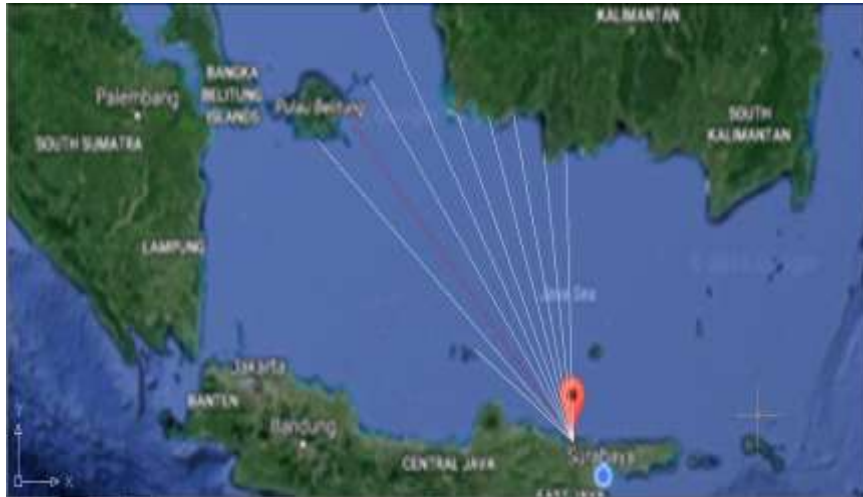


**Gambar 4.2** *Windrose* dan Pengelompokan angin pada tahun 2005 – 2015

Dari *windrose* diatas diketahui bahwa angin lebih dominan berhembus menuju arah barat daya .

### 4.3 Menghitung Properti Gelombang Menggunakan Data Angin

Untuk menghitung Properti gelombang dibutuhkan *Fetch* efektif dan persamaan tinggi gelombang terlebih dahulu. Untuk gambar *fetch* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar dibawah.



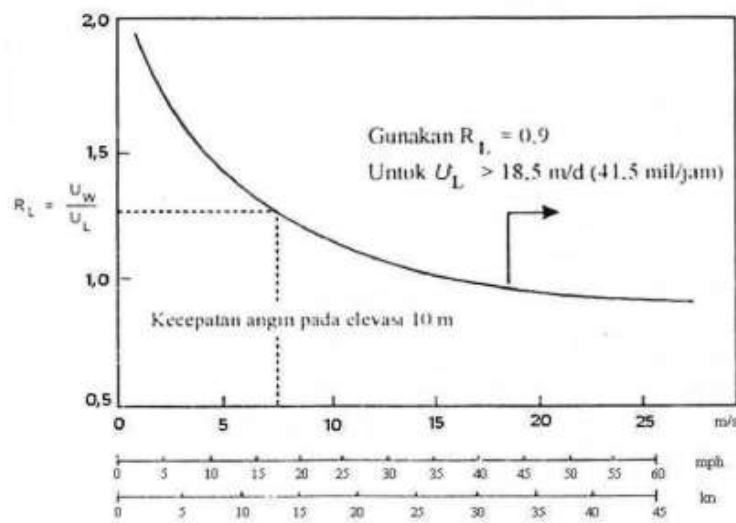
**Gambar 4.3.** Gambar *Fetch* Arah Barat Laut

Gambar 4.3 merupakan gambar area pembangkitan gelombang, atau dapat disebut *fetch*. Gambar diatas merupakan proyeksi dari grafik wind rose. Dari Gambar 4.3 maka akan didapatkan *fetch* efektif dengan tabulasi seperti pada tabel. 4.3. Pada tabel tersebut dilakukan perhitungan panjang pada masing – masing garis dan dikalikan dengan cosinus dari sudut yang terbentuk sehingga meghasilkan nilai *fetch* efektif.

**Tabel 4.3.** Perhitungan Fectch efektif

<b>ANGIN ARAH -45° (barat laut)</b>			
$\alpha$	$\cos \alpha$	$X_i$ (m)	$X_i \cos \alpha$
42.00	0.74	120000.00	89160.00
36.00	0.81	141220.00	114246.98
30.00	0.87	424014.00	367196.12
24.00	0.91	441661.00	403678.15
18.00	0.95	467747.00	444827.40
12.00	0.98	453491.00	443514.20
$\alpha$	$\cos \alpha$	$X_i$ (m)	$X_i \cos \alpha$
6.00	1.00	548797.00	546053.02
0.00	1.00	392600.00	392600.00
6.00	1.00	217709.00	216620.46
12.00	0.98	163571.00	159972.44
18.00	0.95	0.00	0.00
24.00	0.91	0.00	0.00
30.00	0.87	0.00	0.00
36.00	0.81	0.00	0.00
42.00	0.74	0.00	0.00
$\Sigma$	13.51		3177868.76
$F_{\text{eff}} =$	235188.63	m	

Selanjutnya dengan mengambil nilai yang mewakili kecepatan angin dalam range data kelompok distribusi angin dari tabel frekuensi distribusi hasil dari WRPlot diatas, akan dilakukan perhitungan peramalan gelombang berdasarkan kecepatan angin dan nilai *fetch* efektif tersebut. Adapun cara menentukan besar kecepatan angin diatas permukaan laut dengan menggunakan data kecepatan angin di daratan adalah dengan menggunakan grafik seperti pada gambar 4.11 berikut:



**Gambar 4.4.** Grafik Komparasi Kecepatan Angin

Sebagai Contoh perhitungan adalah sebagai berikut ini

$$\begin{aligned}
 U_A &= 0,71 \times U^{1,23} \\
 &= 0,71 \times 4,121,23 \\
 &= 4,05 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Begitupun juga untuk nilai  $U_w$  yang lain, dengan menggunakan persamaan diatas maka untuk nilai  $U_A$  dari data angin lainnya seperti pada table 4.10

**Tabel 4.4.** Perhitungan Properti Gelombang

U <sub>L</sub>	U <sub>L</sub>	R <sub>t</sub>	R <sub>L</sub>	U <sub>w</sub>	U <sub>A</sub>	H <sub>0</sub>	T <sub>0</sub>
knot	m/s			m/s	m/s	m	m
4,85	2,5	1	1,65	4,12	4,05	1,93	7,27
9,7	5	1	1,40	6,99	7,77	2,76	8,18
14,3	7,5	1	1,25	9,37	11,13	3,47	8,83
19,41	10	1	1,13	11,3	14,01	4,18	9,38
24,270	12,5	1	1,05	13,12	16,85	4,18	9,38

#### 4.4 Menentukan Periode Ulang

Frekuensi gelombang-gelombang besar adalah faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai. Untuk menetapkan gelombang dengan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran cukup panjang. Hasil dari peramalan gelombang diatas selanjutnya akan digunakan sebagai data utama penentuan besar nilai tinggi gelombang signifikan desainnya. Telah disebutkan bahwa terdapat 2 metode umum yang sering digunakan dalam penentuan periode ulang gelombang, yaitu metode Weibull dan Fisher-typsett. Dalam penelitian ini hanya akan menggunakan 1 metode saja yaitu metode weibull dengan nilai  $k = 0.75$  sesuai dengan CERC (1992), adapun parameter untuk menghitung standart deviasinya adalah sebagai berikut:

**Tabel.4.7.** Variable periode ulang

N	NT	K	a1	a2	e	k
11	11	11	0.64	9	1.33	0.93

**Tabel 4.8** Perhitungan untuk memperhitungkan parameter regresi

m	H0 (m)	P	ym	Hsm x ym	ym <sup>2</sup>	(Hsm - Hr) <sup>2</sup>	H <sup>^</sup> sm	Hsm - H <sup>^</sup> sm
1	4,176	0,950	2,963	12,373	8,778	8,782	4,764	-0,587
2	3,472	0,860	1,889	6,561	3,570	5,107	3,073	0,399
3	2,760	0,770	1,341	3,701	1,798	2,395	2,210	0,551
4	1,926	0,680	0,952	1,834	0,907	0,508	1,598	0,328
5	1,005	0,590	0,639	0,642	0,408	0,043	1,105	-0,100
	13,339	3,849	7,784	25,111	15,461	16,836		
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8

Berikut merupakan perhitungan parameter periode ulang :

$$A^{\wedge} = \frac{[(N \times \Sigma 4 - (\Sigma 1 \times \Sigma 3)) / ((N \times \Sigma 5) - (\Sigma 3)^2)]}{N} = 0.3614$$

$$B^{\wedge} = H_{sm}(Avg) - (A^{\wedge} \times y_{m}(Avg)) = 2.8773$$

$$A = a_1 \times e^{a_2 \times N^{-1.3} + k((-\ln v)^{0.5})} = 0.9533$$

$$s_{Hs} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \times S(H_{sm} - H_r)^2} = 0.4845$$

$$H_r = H_{sm}(Avg) = \frac{\Sigma 1}{N} = 3.074$$

$$y_{m(Avg)} = \frac{\Sigma 2}{N} = 0.544$$

$$v = \frac{N}{NT} = 1$$

$$L = \frac{NT}{K} = 1$$

**Table 4.9** Perhitungan Periode Ulang

$T_r$ (tahun)	$y_r$ (tahun)	$H_{sr}$ (m)
5	1.500	3.420
10	2.250	3.691
15	2.674	3.844
20	2.970	3.951
25	3.199	4.033
50	3.902	4.288
100	4.60015	4.539909587

Didapat tinggi gelombang untuk 10 tahun	=	3.691 m
Didapat tinggi gelombang untuk 15 tahun	=	3.844 m
Didapat tinggi gelombang untuk 20 tahun	=	3.951 m
Didapat tinggi gelombang untuk 25 tahun	=	4.033 m
Didapat tinggi gelombang untuk 50 tahun	=	4.288 m
Didapat tinggi gelombang untuk 100 tahun	=	4.540 m

Dari sekian tinggi gelombang diatas yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah tinggi gelombang untuk 100 tahun yaitu 4.5 m. Sehingga nilai dari periode ulangnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 H_0 &= 5.112 \times 10^{-4} U_A F^{1/2} \\
 4.5 &= 5.112 \times 10^{-4} \times U_A \times 235188^{1/2} \\
 4,5 &= 0.25 U_A \\
 U_A &= 18 \text{ m/s} \\
 T_0 &= 6.238 \times 10^{-2} (U_A \times F)^{0.33} \\
 &= 6.238 \times 10^{-2} (18 \times 235188)^{0.33} = 9.2 \text{ s}
 \end{aligned}$$

#### 4.5. Data Kondisi Pasang Surut

Untuk data pasang surut (pasut) diambil data pengukuran bulanan yang memiliki nilai pasang tertinggi dalam kurun waktu bulan Juli 2012. Berdasarkan data pasut berikut, akan ditentukan parameter pasutnya untuk mendapatkan nilai HHWS atau pasang tinggi tertinggi dan LLWS atau surut rendah terendahnya. Dalam hal ini digunakan software perhitungan berbasis *least square method* atau metode regresi pangkat terkecil, karena pada dasarnya elevasi pasang surut merupakan suatu kejadian perulangan dalam rentang waktu tertentu.



#### 4.5.1. Konstanta Pasang Surut

Konstanta pasang surut ini umumnya menentukan gerakan air dalam periode tengah harian sampai harian, tergantung tipe pasang surut yang terjadi pada perairan tersebut. Adapun sembilan komponen utama konstanta pasang surut yang diperoleh adalah M2, S2, N2, K1, O1, M4, MS4, K2, dan P1.

M2 : Komponen utama bulan (semi diurnal)

S2 : Komponen utama matahari (semi diurnal)

N2 : Komponen eliptis bulan

K1 : Komponen bulan

O1 : Komponen utama bulan (diurnal)

M4 : Komponen utama bulan (kuarter diurnal)

MS4 : Komponen matahari bulan

K2 : Komponen bulan

P1 : Komponen utama matahari (diurnal)

**Tabel 4.10** Hasil Analisis Harmonik Pasang Surut Kecamatan BrondongLamongan

So	M2	S2	K1	O1	N2	K2	P1	M4	MS4
1.203	0.04	0.21	0.2	0.2	0.02	0.18	0.47	0.01	0

#### 4.5.2. Tipe Pasang Surut

Setelah konstanta pasang surut diketahui, tipe pasang surut dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$F=(A(O1)+A(K1))/(A(M2)+A(S2) )$$

$$F=(0.2+0.2)/(0.04+0.21)=1.614$$

Karakteristik Pasang Surut :

$F < 0,25$  = semi diurnal

$0,25 < F < 1,50$  = campur dominan semi diurnal

$1,5 < F < 3,00$  = campur dominan diurnal

$F > 3,00$  = diurnal

Dengan memperhatikan nilai Formzahl  $F = 1.614$ . Maka dapat diketahui tipe pasang surut untuk daerah Brondong merupakan tipe pasang surut campuran dominan diurnal (mixed tide prevailing diurnal tide) yaitu suatu pasang surut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari, namun tinggi dan periodenya berbeda.

#### 4.5.3. Variabel Pasang Surut

Dari hasil survei tersebut selanjutnya dilakukan pengolahan, maka diperoleh data sebagai berikut :

$$\text{HHWS (Highest High Water Spring)} = S_0 + (M_2 + S_2 + K_1 + O_1 + K_2 + P_1)$$

$$\text{MHWS (Mean High Water Spring)} = S_0 + (M_2 + S_2 + O_1)$$

$$\text{MSL (Mean Sea Level)} = S_0$$

$$\text{MLWS (Mean Low Water Spring)} = S_0 - (M_2 + S_2 + O_1)$$

$$\text{LLWS (Lowest Low Water Spring)} = S_0 - (M_2 + S_2 + K_1 + O_1 + K_2 + P_1)$$

Selanjutnya dalam perencanaan digunakan elevasi berikut :

$$\text{HHWS} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{MHWS} = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{MSL} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{MLWS} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{LLWS} = -0,1 \text{ m}$$

#### 4.6. Penentuan Elevasi dan Kedalaman Minimum

Dalam penelitian ini material utama yang digunakan untuk konstruksi dermaga jetty dengan struktur berupa *mooring dolphin*. Karena tersusun dari material pipa baja dan struktur atas berupa beton maka struktur bagian atas tidak disarankan untuk terkena kontak langsung dengan air laut. Ketinggian dermaga dihitung dari referensi datum pasut pada prediksi pasang surut dan ketinggian gelombang. Pada perhitungan ini LLWS dianggap sebagai datum atau 0 jadi semua parameter ditambah 0,1 m

Ketinggian gelombang : 4,5 m (dipakai periode 100 tahun)

HHWS : + 2,6 m dari datum pasut

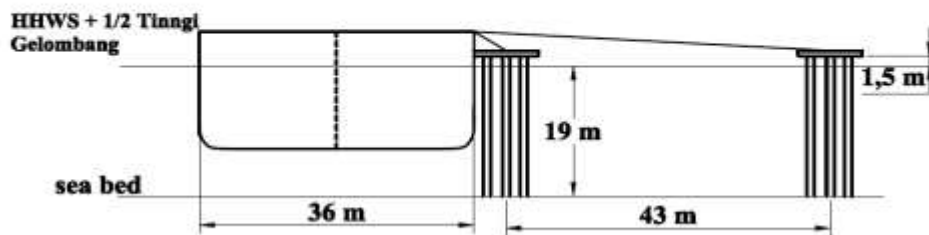
Total ketinggian tiang diatas datum : 1,5 m diatas gelombang tertinggi (  $2,6 + (0,5 \times 4,5)$  (OCIMF) = 6,25 m dari datum

Sedangkan untuk menentukan kedalaman *kedalaman minimum* dermaga, faktor yang menjadi parameter utama adalah tinggi sarat air pada kapal yang beroperasi serta ketinggian surut minimum perairannya. Faktor tersebut digunakan dalam menentukan kedalaman lokasi dermaga agar kapal yang merapat di dermaga tidak sampai karam akibat kedalaman yang kurang memenuhi syarat. Acuan dalam penentuan harus berdasar pada LLWS supaya tidak terjadi karam pada saat surut maksimum.

Pada desain jetty kali ini kapal yang akan beroperasi hanya berada pada rentang 1.000 sampai 50.000 dwt. Maka pada tugas akhir kali ini kapal yang digunakan adalah kapal jenis *seawaymax* yang ukuran draft maksimumnya berada pada kedalaman -12 m untuk kapal pada kondisi *fully loaded*.

- Draft kapal maksimum : -12 m
- Draft minimum dermaga : 1.1 kali draft maksimum kapal
  - :  $1.1 \times (-11.9)$
  - : -13.09
- Toleransi kebebasan : -1 m
- Total *draft* minimum dermaga : -14.2 m LLWS.

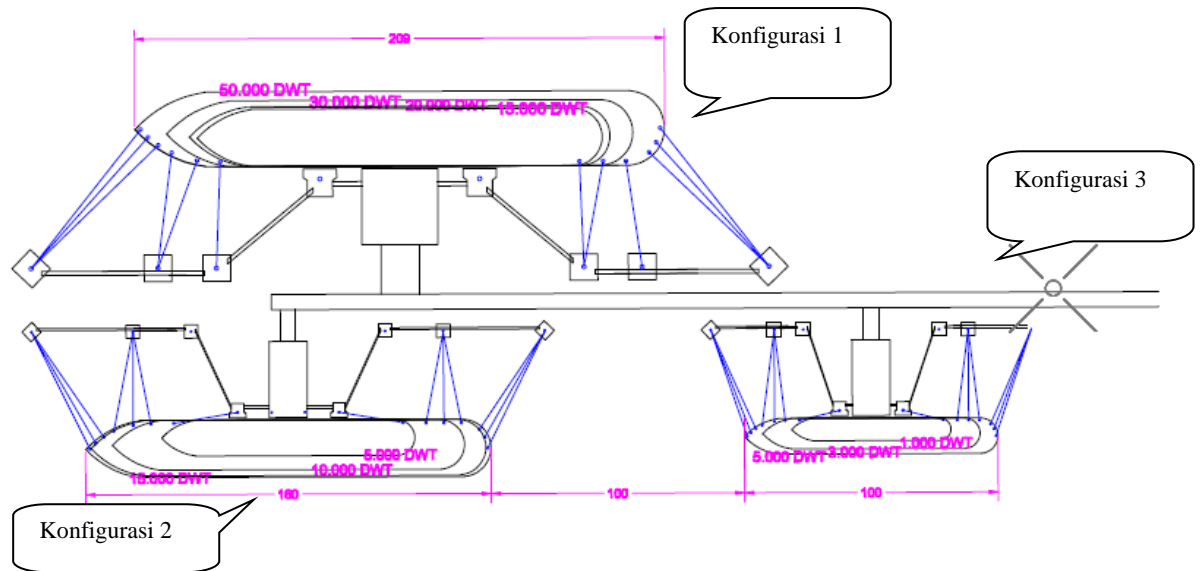
## Tampak Depan



Gambar 4.5 Desain elevasi *mooring dolphin*

#### 4.7 .Design Lay Out Konfigurasi *Mooring Line*

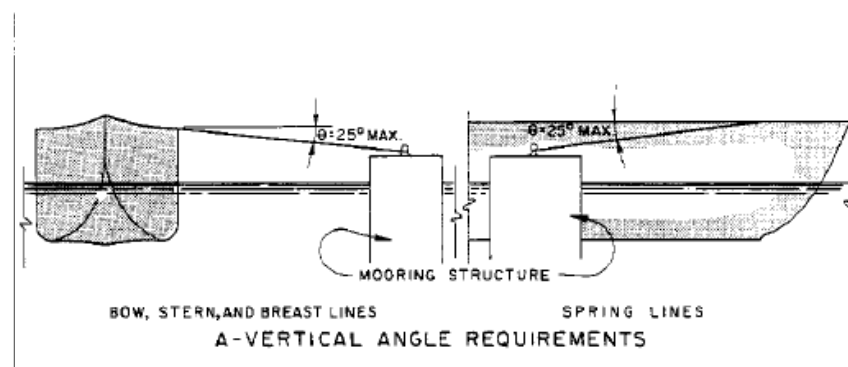
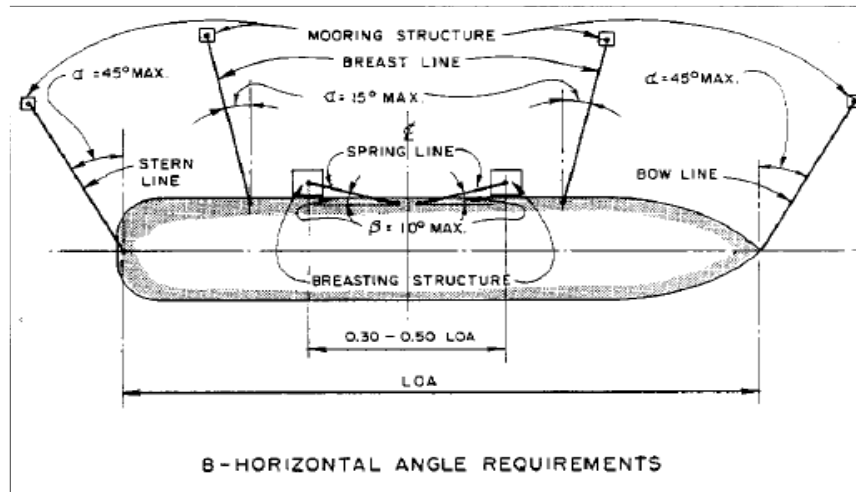
Lay out konfigurasi *mooring* yang akan dibuat pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



**Gambar 4.6** Layout Konfigurasi *Mooring dolphin*

Gambar diatas merupakan gambar planing keseluruhan dari *mooring dolphin* yang akan dibuat. Dalam gambar diatas dapat dilihat terlihat terdapat 3 konfigurasi *mooring* yang harus dibuat. Untuk membuat konfigurasi *mooring line* seperti pada gambar diatas ada batasan – batasan atau standart seperti yang sudah dijelaskan pada dasar teori.

Design konfigurasi layout yang dibuat harus memenuhi design kriteria yang sudah ditentukan oleh code – code yang sudah ada. Pada tugas akhir ini digunakan code “OCIMF” untuk menjadi acuan design. Design kriteria yang digunakan dalam code ini adalah sebagai berikut :



**Gambar 4.7.** Design kriteria *mooring dolphin*

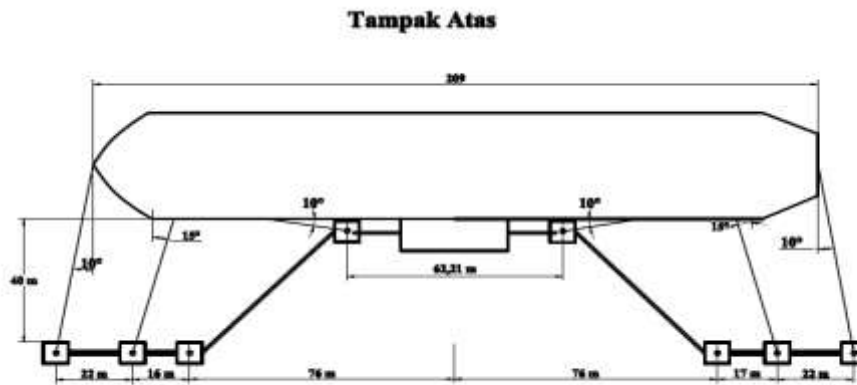
Selain design kriteria seperti gambar diatas OCIMF juga menambahkan beberapa aturan tambahan, yaitu :

1. Jarak antara plat struktur dan muka air tertinggi maksimal adalah 1,5 m
2. Jarak antara kapal ke *mooring dolphin* berkisar antara 30 – 50 m
3. Jumlah *mooring dolphin* dalam satu konfigurasi maksimal adlah 6
4. Jumlah bresting *dolphin* dalam satu konfigurasi maksimal adalah 4

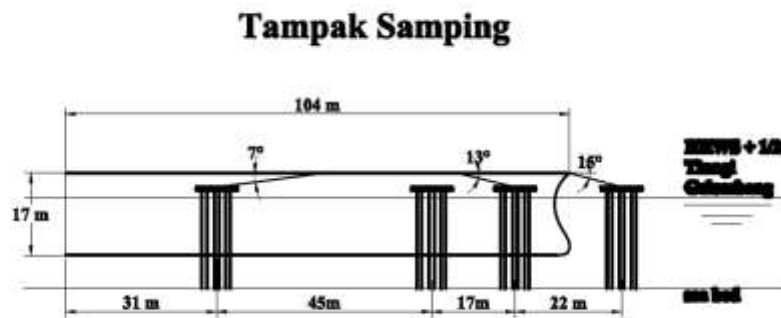
Untuk gambar detil konfigurasi *mooring* tiap – tiap kapal dapat dilihat pada gabar dibawah.

#### 4.7.1. Konfigurasi Satu Kapal 50.000 DWT – 15.000 DWT

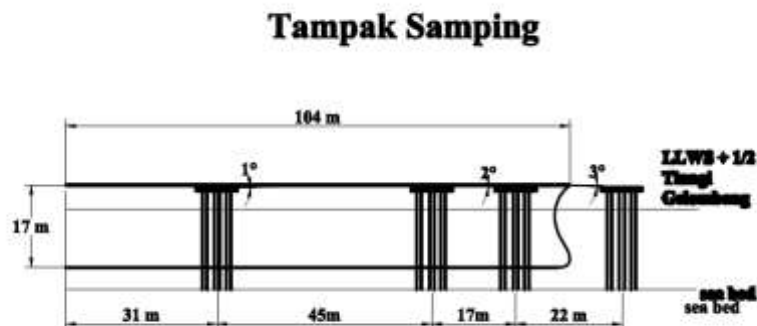
##### a. Kapal 50.000 DWT



Gambar 4.8 tampak atas kapal 50.000 DWT

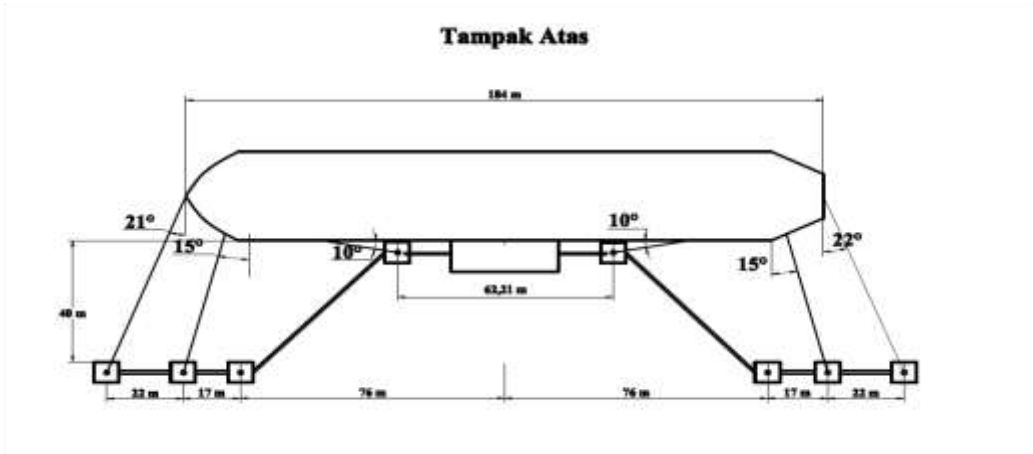


Gambar 4.9 tampak samping kapal 50.000 DWT kondisi pasang

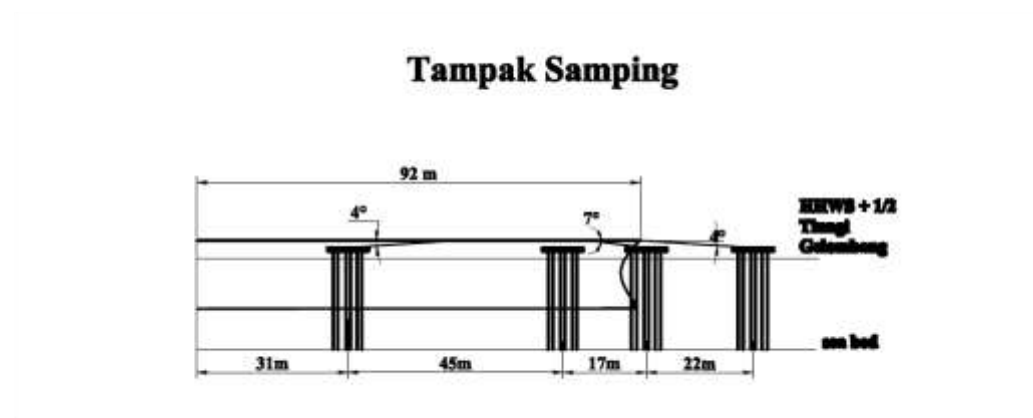


Gambar 4.10 tampak samping kapal 50.000 DWT kondisi surut

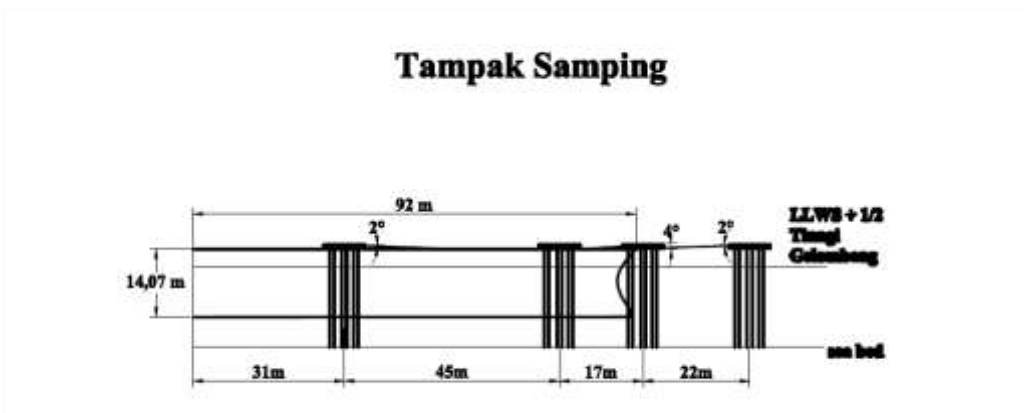
b. Kapal 30.000 DWT



Gambar 4.11 Tampak atas kapal 30.000 DWT

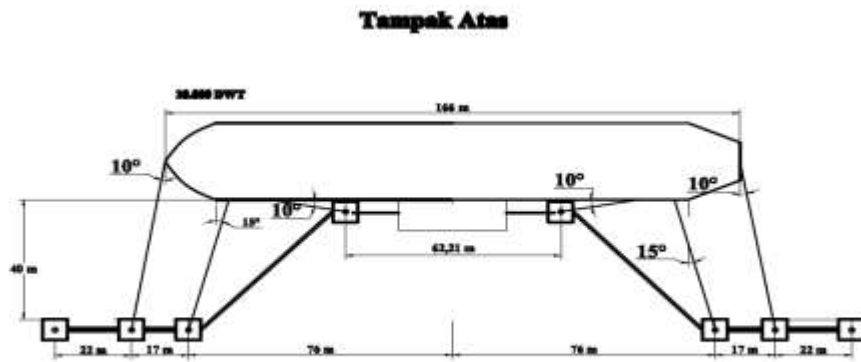


Gambar 4.12 Tampak samping kapal 30.000 DWT kondisi pasang



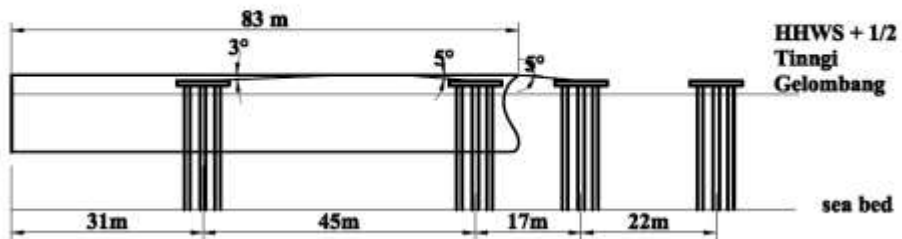
Gambar 4.13 Tampak samping kapal 30.000 DWT kondisi surut

c. Kapal 20.00



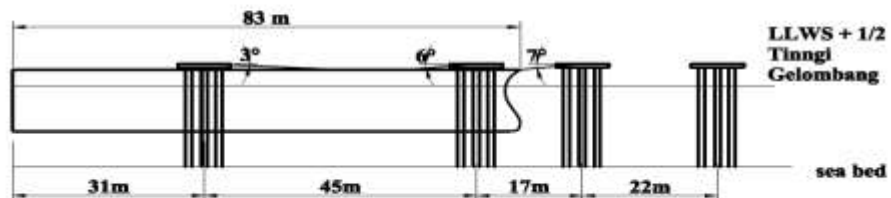
**Gambar 4.14** Tampak atas kapal 20.000 DWT

### Tampak Samping



**Gambar 4.15** Tampak samping kapal 20.000 DWT kondisi pasang

### Tampak Samping



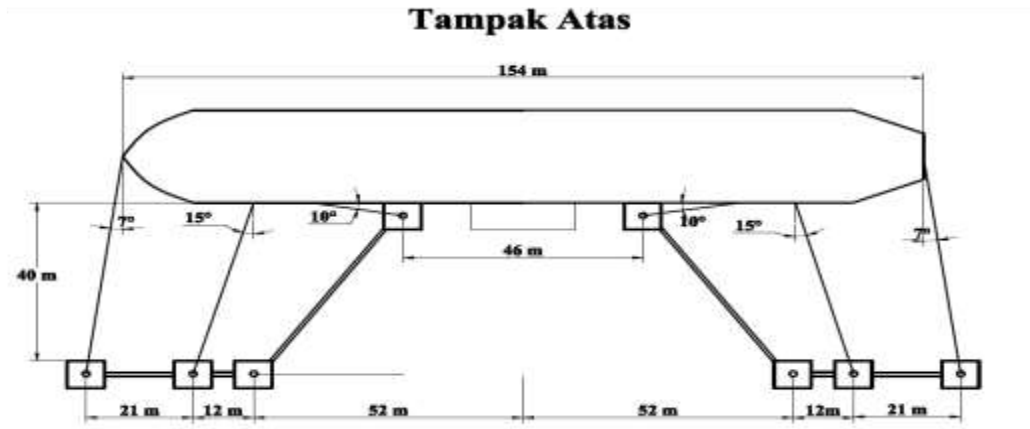
**Gambar 4.16** Tampak samping kapal 20.000 DWT kondisi surut



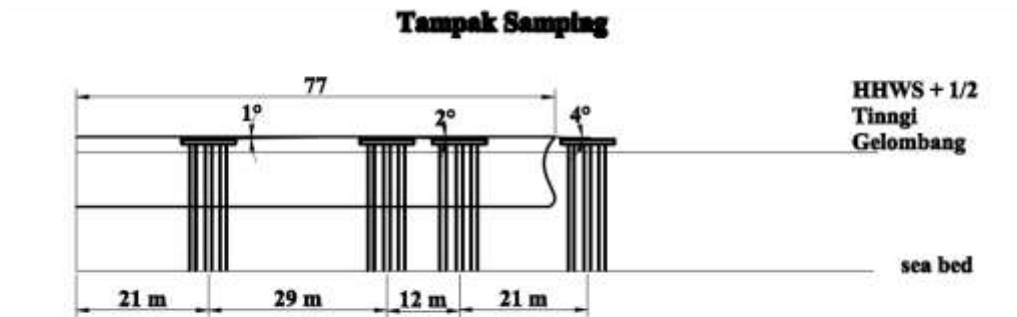


#### 4.7.2. Konfigurasi Dua Kapal 15.000 DWT - 5.000 DWT

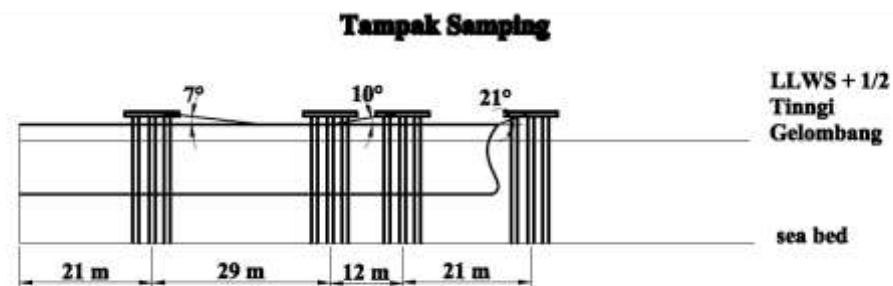
a) Kapal 15.000 DWT



Gambar 4.20 Tampak atas kapal 15.000 DWT konfigurasi 2

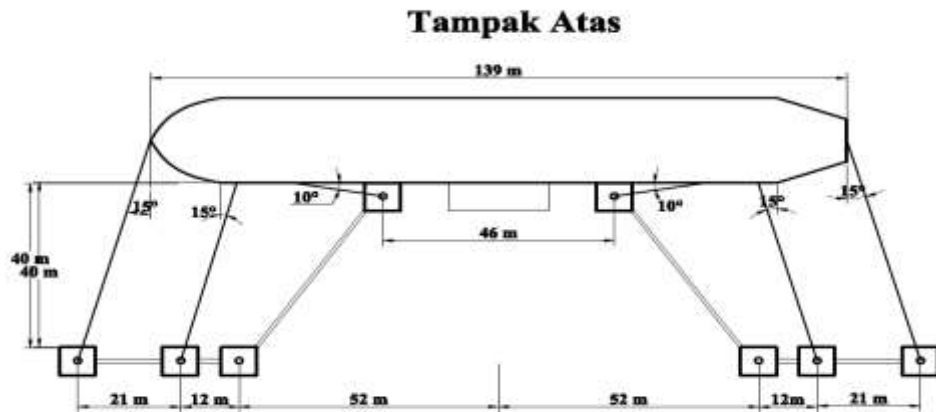


Gambar 4.21 Tampak samping kapal 15.000 DWT konfigurasi 2 kondisi pasang

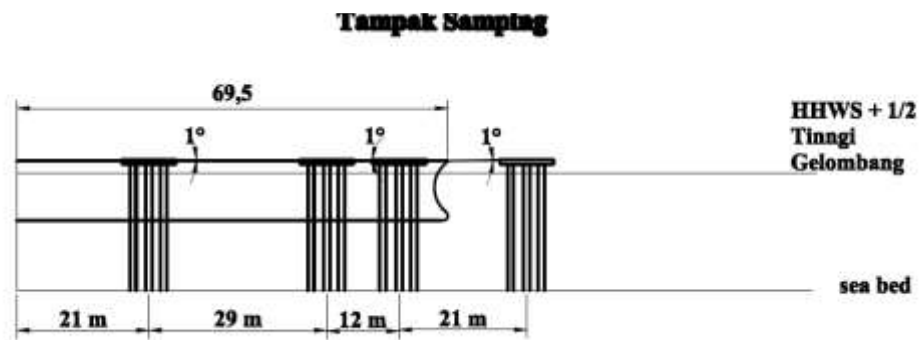


Gambar 4.22 Tampak Samping kapal 15.000 DWT konfigurasi 2 kondisi surut

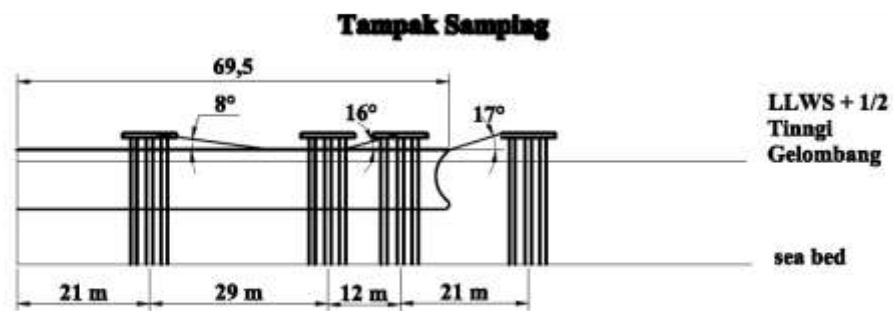
b) Kapal 10.000



**Gambar 4.23** Tampak atas kapal 10.000 DWT

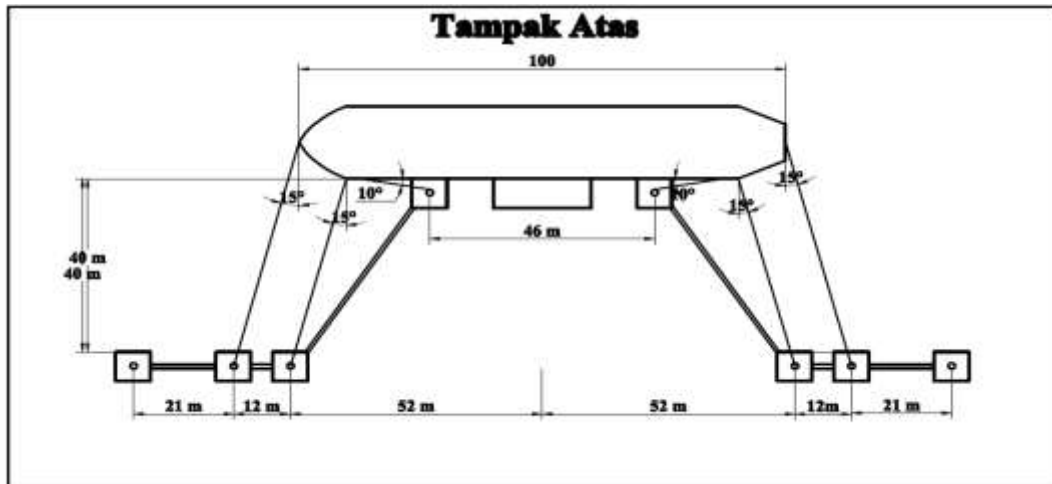


**Gambar 4.24** Tampak samping kapal 10.000 DWT kondisi pasang

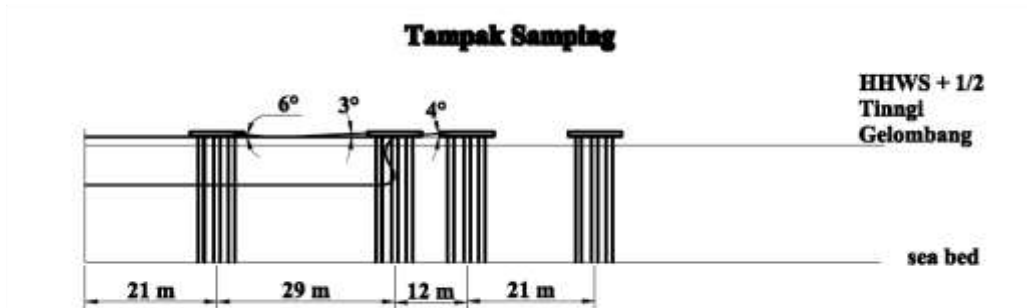


**Gambar 4.25** Tampak samping kapal 10.000 DWT kondisi surut

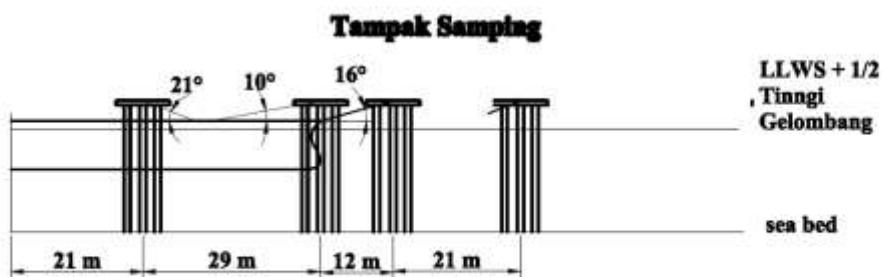
c) Kapal 5.000 DWT



Gambar 4.26 Tampak atas kapal 5.000 DWT



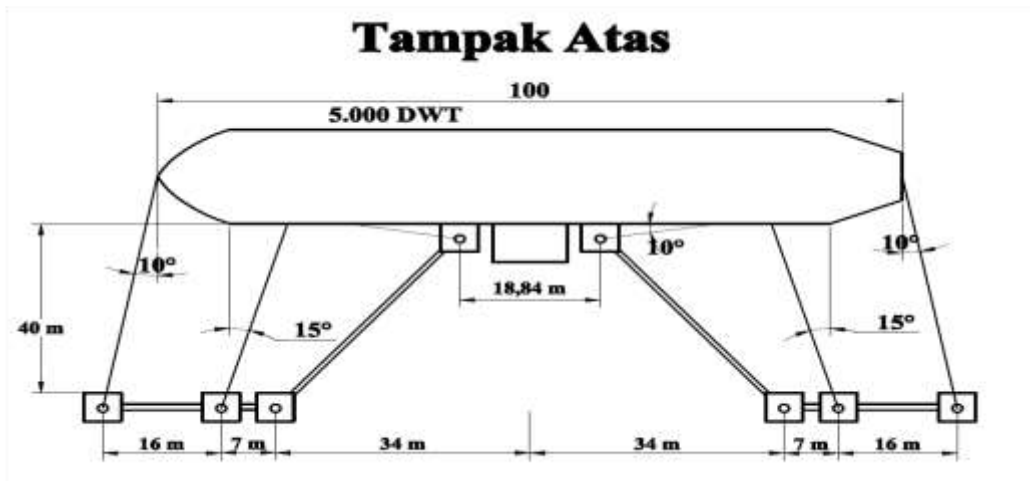
Gambar 4.27 Tampak samping kapal 5.000 DWT kondisi pasang



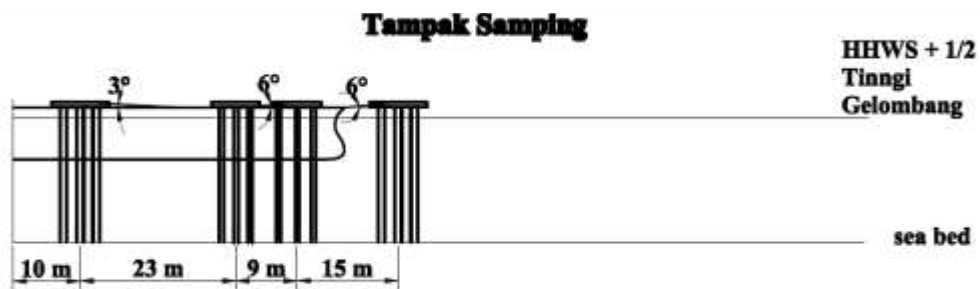
Gambar 4.28 Tampak samping kapal 5.000 DWT kondisi surut

### 4.7.3. Konfigurasi Tiga, Kapal 5.000 DWT – 1.000 DWT

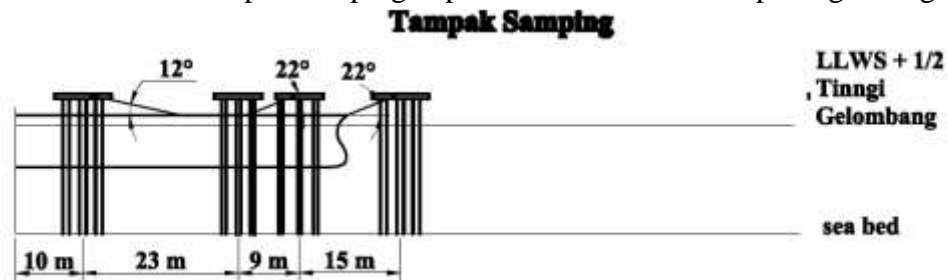
#### a. Kapal 5.000 DWT



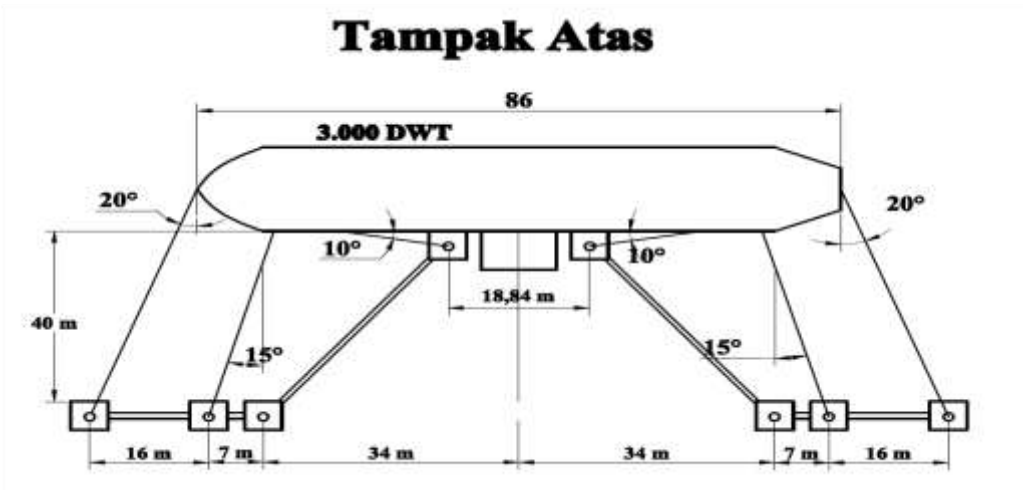
Gambar 4.29 Tampak atas kapal 5.000 DWT konfigurasi 3



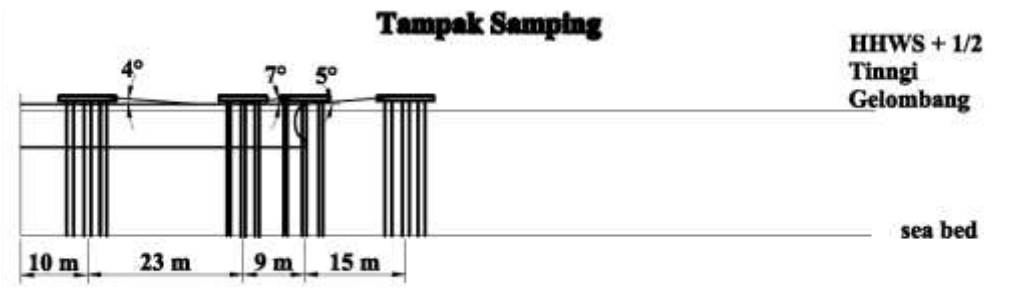
Gambar 4.30 Tampak samping kapal 5.000 DWT kondisi pasang konfigurasi 3



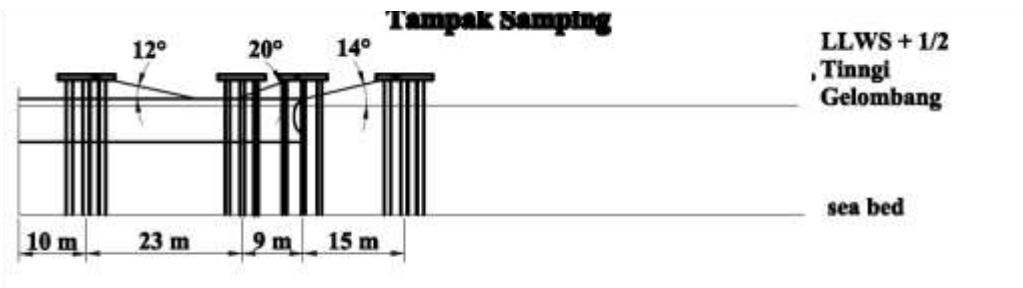
Gambar 4.31 Tampak samping kapal 5.000 DWT kondisi surut konfigurasi 3



**Gambar 4.32** Tampak atas kapal 3.000 DWT

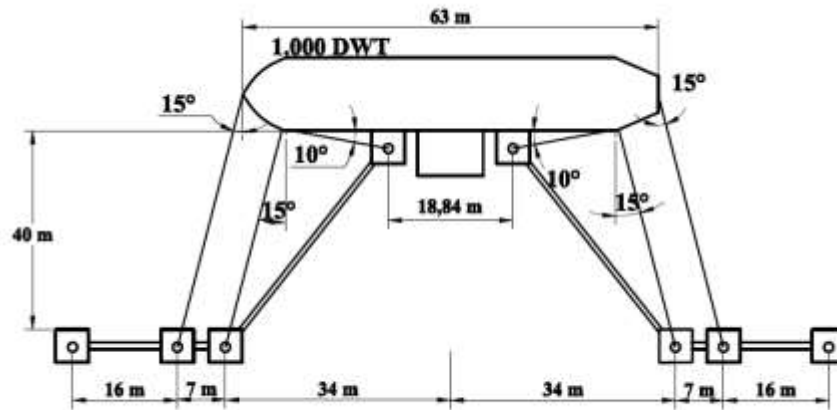


**Gambar 4.33** Tampak samping kapal 3.000 DWT kondisi pasang

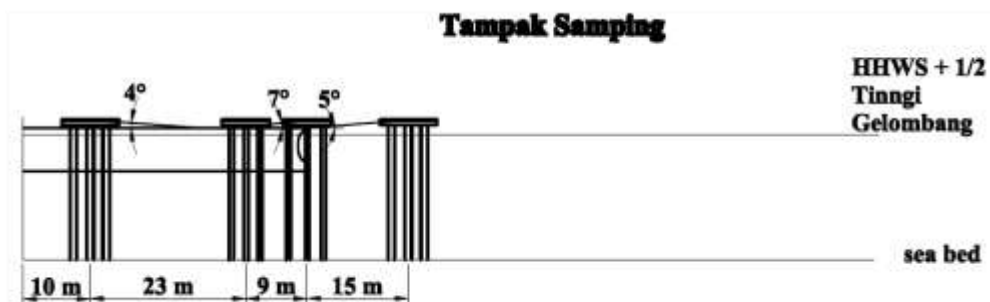


**Gambar 4.34** Tampak samping kapal 3.000 DWT kondisi surut

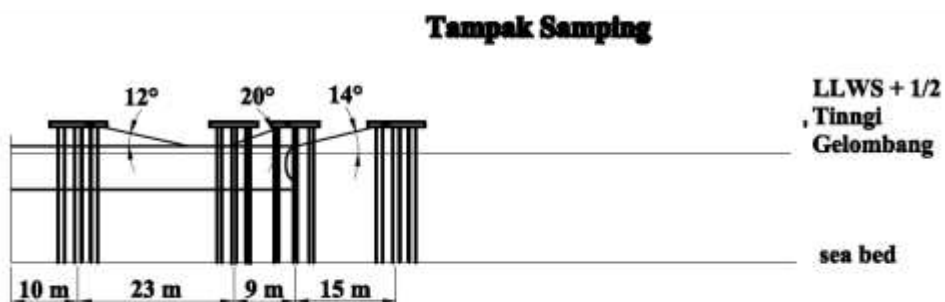
Kapal 1.000 DWT



Gambar 4.35 Tampak atas kapal 1.000 DWT



Gambar 4.36 Tampak samping kapal 1.000 DWT kondisi pasang

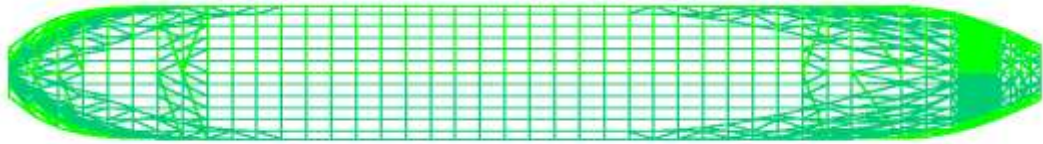


Gambar 4.37 Tampak samping kapal 1.000 DWT kondisi surut

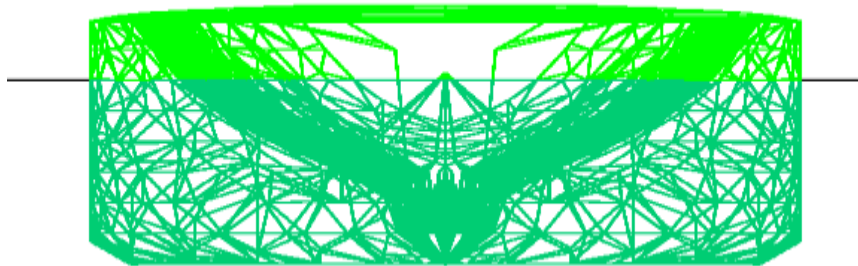
Desain konfigurasi moorin diatas didesain berdasarkan peraturan OCIMF dan akan digunakan sebagai dasar analisa tegangan tali selanjutnya.

#### 4.8. Permodelan Kapal

Permodelan kapal ini digunakan sebagai input saat melakukan analisa atau perhitungan tegangan tali tambat, agar didapatkan kondisi kapal yang sesuai dengan kenyataan. Kapal tanker dimodelkan sesuai dimensi dan sarat air kapal yang sudah ada pada data. Permodelan kapal ini merupakan permodelan kapal *free floating* atau tanpa diikat ke *mooring*. Untuk memodelkan kapal tanker ini dipergunakan bantuan software Maxuft dan Moses. Dibawah ini merupakan hasil permodelan kapal.



**Gambar 4.39.** Model kapal tampak atas



**Gambar 4.40.** Model kapal tampak depan

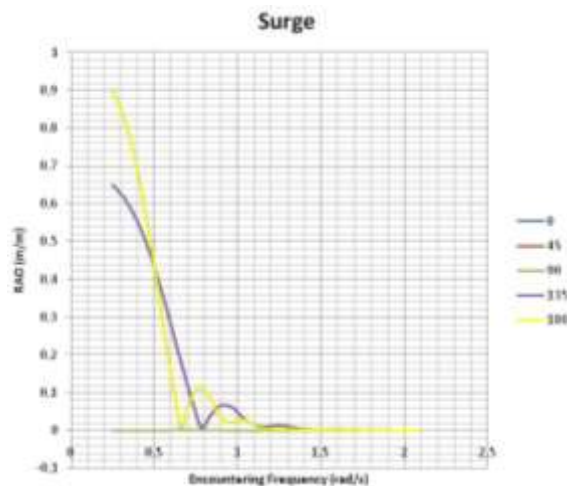
Analisis hasil permodelan barge dilakukan dengan membandingkan antara nilai displacement antara perhitungan asli dan hasil dari maxsurf dan moses.



#### 4.9. Analisa gerakan kapal 50.000 DWT

Pada bagian ini akan dilakukan analisa gerakan kapal tanker 50.000 DWT. Analisa ini ditujukan untuk mendapatkan gerakan kapal untuk menjadi input pada perhitungan tegangn tali tambat. Analisa gerakan yang dilakukan adalah pada kondisi free floating atau tanpa tambat. Dari analisa gerakan ini akan didapatkan grafik RAO (Response Amplitude Operator). Akan dilakukan pembebanan dengan arah  $0^{\circ}, 45^{\circ}, 135^{\circ}, 180^{\circ}$ . Respon gerakan yang dianalisis meliputi 3 gerakan yaitu gerakan translasional yang terdiri dari *surge*, *sway* dan *heave*. Serta gerakan rotational yang terdiri dari *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Berikut merupakan hasil dari Respon Amplitude Operator (RAO) kapal tanker 50.000 DWT.

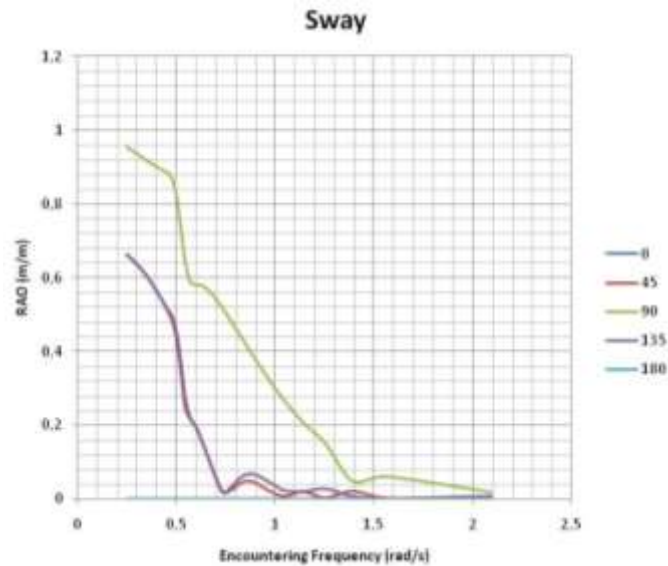
##### a. Gerakan Translasional



**Gambar 4.41.** Grafik RAO *surge*

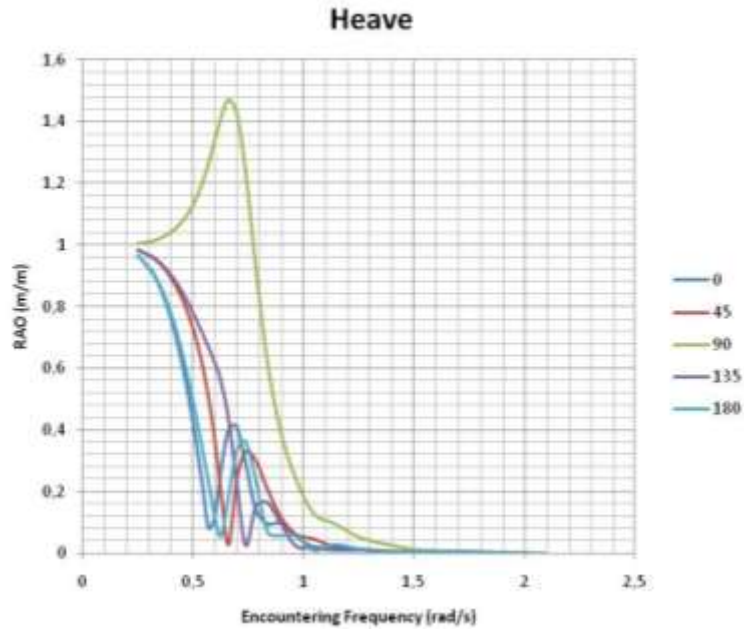
Pada gambar 4.19. merupakan hasil dari grafik Respon Amplitudo Operator (RAO) untuk gerakan *surge*. RAO *surge* tertinggi pada *heading*  $0^{\circ}$  adalah 0,902 m/m terjadi pada frekuensi 0,25 rad/s. Untuk RAO *surge* tertinggi pada *heading*  $45^{\circ}$  adalah 0,65 m/m yang terjadi pada frekuensi 0,25 rad/s. Untuk RAO *surge* tertinggi pada *heading*  $90^{\circ}$  adalah 0,02 m/m yang terjadi pada frekuensi 0,7 rad/s. Untuk RAO *surge* tertinggi pada *heading*  $135^{\circ}$  adalah 0,65

m/m yang terjadi pada frekuensi 0,25 rad/s. RAO *surge* tertinggi pada *heading* 180° adalah 0,902 m/m terjadi pada frekuensi 0,25 rad/s.



**Gambar 4.42.** Grafik RAO *sway*

Sementara untuk gerakan *sway* dapat dilihat pada gambar 4.20. RAO *sway* tertinggi pada *heading* 45° adalah 0,662 m/m yang terjadi pada frekuensi 0,25 rad/s. Untuk RAO *sway* tertinggi pada *heading* 90° adalah 0,95 m/m yang terjadi pada frekuensi 0,25 rad/s. Untuk RAO *sway* tertinggi pada *heading* 135° adalah 0,662 m/m yang terjadi pada frekuensi 0,25 rad/s.



**Gambar 4.43.** Grafik RAO *heave*

Pada gambar 4.21. merupakan hasil dari grafik Respon Amplitudo Operator (RAO) untuk gerakan *heave*. RAO *heave* tertinggi pada *heading*  $0^{\circ}$  adalah 0,967 m/m terjadi pada frekuensi 0,25 rad/s. Untuk RAO *heave* tertinggi pada *heading*  $45^{\circ}$  adalah 0,986 m/m yang terjadi pada frekuensi 0,25 rad/s. Untuk RAO *heave* tertinggi pada *heading*  $90^{\circ}$  adalah 1,473 m/m yang terjadi pada frekuensi 0,66 rad/s. Untuk RAO *heave* tertinggi pada *heading*  $135^{\circ}$  adalah 0,86 m/m yang terjadi pada frekuensi 0,25 rad/s. RAO *heave* tertinggi pada *heading*  $180^{\circ}$  adalah 0,967 m/m terjadi pada frekuensi 0,25 rad/s.

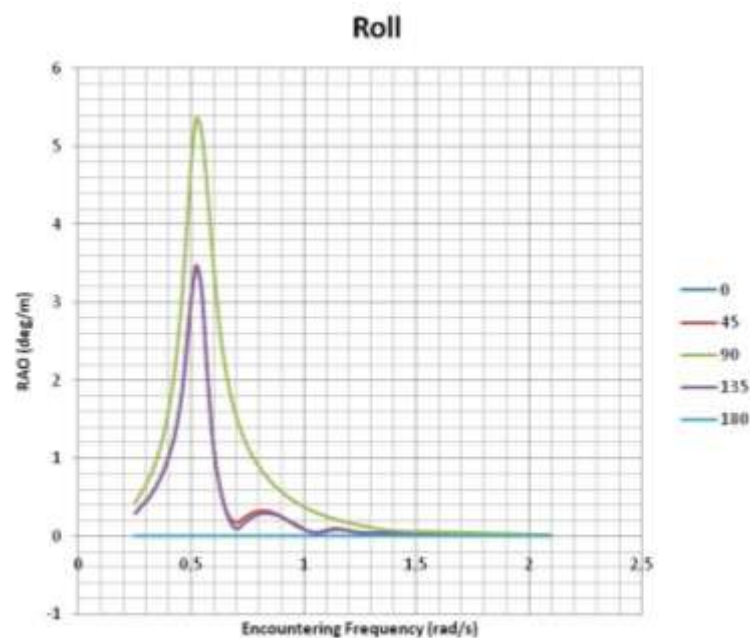
**Tabel 4.12** Hasil RAO gerakan translasional

<i>Heading</i> (deg)	<i>Surge</i> (m/m)	<i>Sway</i> (m/m)	<i>Heave</i> (m/m)
0	0,902	0,000	0,967
45	0,650	0,662	0,968
90	0,002	0,954	1,473
135	0,650	0,662	0,986
180	0,902	0,000	0,968

Dari tabel 4.12 diatas dapat diambil kesimpulan bahwa gerakan *surge* terbesar pada kapal tanker 50.000 DWT terjadi pada *heading*  $0^{\circ}$  dan  $180^{\circ}$ . Sedangkan untuk gerakan *sway* terbesar terjadi pada *heading*  $90^{\circ}$ , dan gerakan

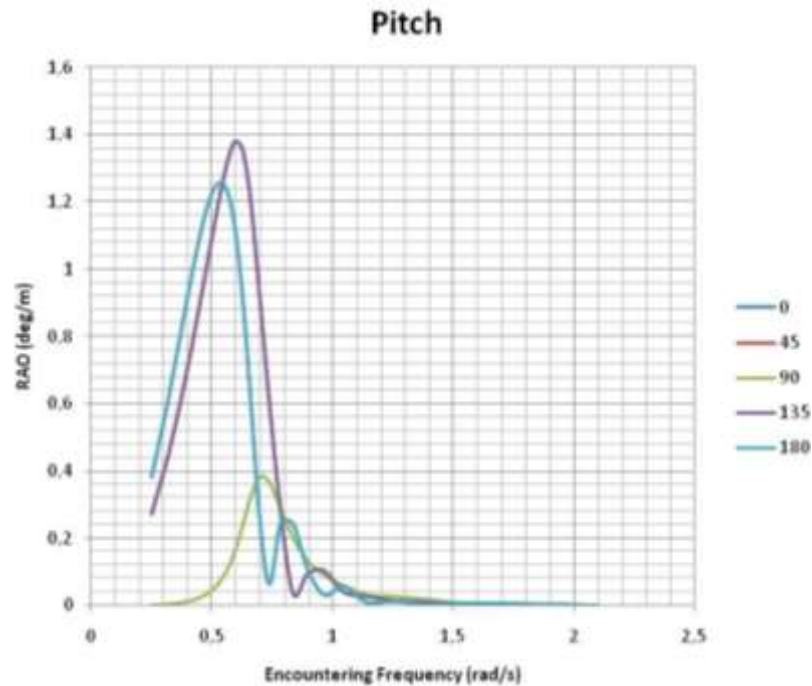
*heave* terbesar terjadi pada *heading*  $90^0$ . Dari tabel diatas dapat disimpulkan juga bahwa gerakan kapal tanker 50.000 DWT terbesar secara translasional adalah gerakan *heave* pada *heading*  $90^0$  sebesar 1,473 m/m. Dari grafik 4.41 – 4.43 dapat dilihat bahwa nilai RAO akan besar pada saat frekuensi tertentu, hal ini dikarenakan apabila nilai *encountering* frekuensi mendekati atau sama dengan nilai frekuensi natural kapal maka nilai RAOnya akan membesar, dan sebaliknya jika nilai *encountering* frekuensinya menjauhi nilai frekuensi natural kapal maka nilai RAO nya akan mengecil.

b. Gerakan Rotasional



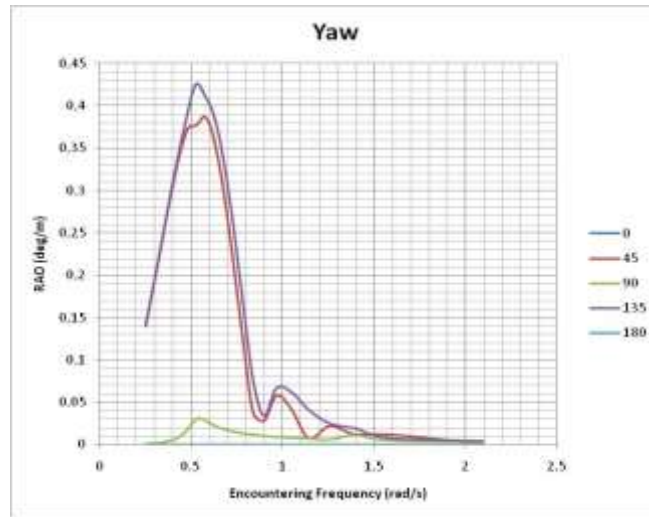
**Gambar 4.44.** Grafik RAO *roll*

Pada gambar 4.21. merupakan hasil dari grafik Respon Amplitudo Operator (RAO) untuk gerakan *roll*. RAO *roll* tertinggi pada *heading*  $0^0$  adalah 0,005 deg/m terjadi pada frekuensi 0,52 rad/s. Untuk RAO *roll* tertinggi pada *heading*  $45^0$  adalah 0,347deg/m yang terjadi pada frekuensi 0,52 rad/s. Untuk RAO *roll* tertinggi pada *heading*  $90^0$  adalah 5,374deg/m yang terjadi pada frekuensi 0,52 rad/s. Untuk RAO *roll* tertinggi pada *heading*  $135^0$  adalah 0,346deg/m yang terjadi pada frekuensi 0,52 rad/s. RAO *roll* tertinggi pada *heading*  $180^0$  adalah 0,002 deg/m terjadi pada frekuensi 0,52 rad/s.



**Gambar 4.45.** Grafik RAO *pitch*

Pada gambar 4.22. merupakan hasil dari grafik Respon Amplitudo Operator (RAO) untuk gerakan *pitch*. RAO *pitch* tertinggi pada *heading*  $0^{\circ}$  adalah. 0,126deg/m terjadi pada frekuensi 0,55 rad/s. Untuk RAO *pitch* tertinggi pada *heading*  $45^{\circ}$  adalah 0,138deg/m yang terjadi pada frekuensi 0,60 rad/s. Untuk RAO *pitch* tertinggi pada *heading* $90^{\circ}$  adalah 0,382deg/m yang terjadi pada frekuensi 0,70 rad/s. Untuk RAO *pitch* tertinggi pada *heading* $135^{\circ}$  adalah 0,138deg/m yang terjadi pada frekuensi 0,60 rad/s. RAO *pitch* tertinggi pada *heading*  $180^{\circ}$  adalah. 0,126deg/m terjadi pada frekuensi 0,55 rad/s.



**Gambar 4.46** Grafik RAO yaw

Pada gambar 4.22. merupakan hasil dari grafik Respon Amplitudo Operator (RAO) untuk gerakan yaw. Untuk RAO yaw tertinggi pada heading 45<sup>0</sup> adalah 0,388 deg/m yang terjadi pada frekuensi 0,57 rad/s. Untuk RAO yaw tertinggi pada heading 90<sup>0</sup> adalah 0,031deg/m yang terjadi pada frekuensi 0,55 rad/s. Untuk RAO yaw tertinggi pada heading 135<sup>0</sup> adalah 0,425deg/m yang terjadi pada frekuensi 0,52rad/s.

**Tabel 4.13** Hasil RAO rotasional

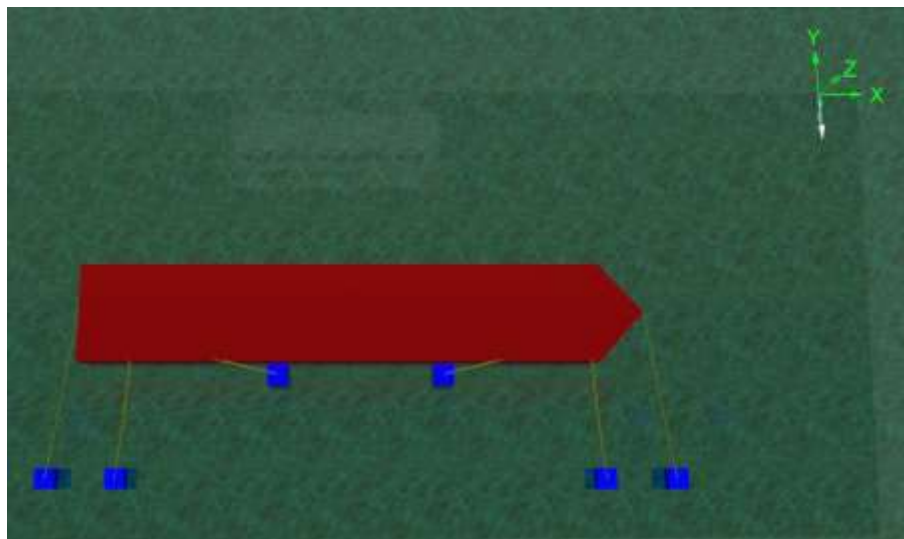
Heading (deg)	Roll (deg/m)	Pitch (deg/m)	Yaw (deg/m)
0	0,005	1,256	0
45	3,472	1,382	0,388
90	5,374	0,382	0,031
135	3,464	1,382	0,425
180	0,002	1,256	0

Dari tabel 4.12 diatas dapat diambil kesimpulan bahwa gerakan roll terbesar pada kapal tanker 50.000 DWT terjadi pada heading 90<sup>0</sup>. Sedangkan untuk gerakan pitch terbesar terjadi pada heading 45<sup>0</sup> dan 135<sup>0</sup>, dan gerakan yaw

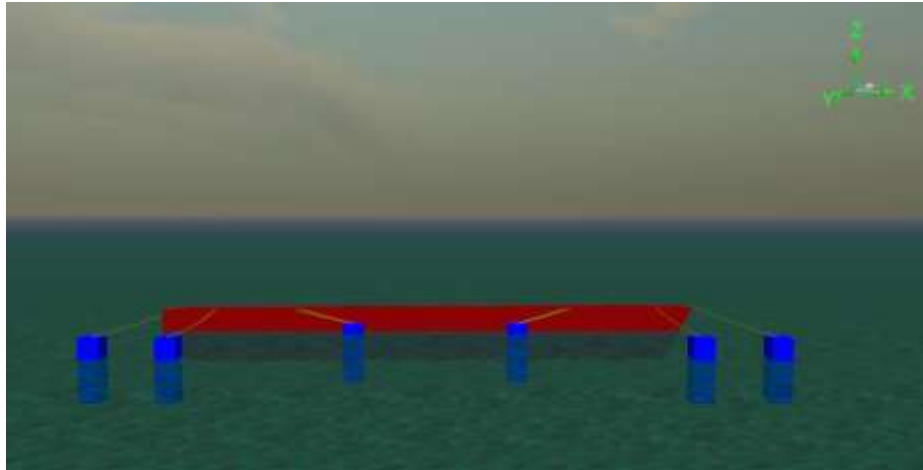
terbesar terjadi pada *heading* 135<sup>0</sup>. Dari tabel diatas dapat disimpulkan juga bahwa gerakan kapal tanker 50.000 DWT terbesar secara translaional adalah gerakan *roll* pada *heading* 90<sup>0</sup> sebesar 5,374 deg/m. Dari grafik 4.44 – 4.46 dapat dilihat bahwa nilai RAO akan besar pada saat frekuensi tertentu, hal ini dikarenakan apabila nilai *encountering* frekuensi mendekati atau sama dengan nilai frekuensi natural kapal maka nilai RAOnya akan membesar, dan sebaliknya jika nilai *encountering* frekuensinya menjauhi nilai frekuensi natural kapal maka nilai RAO nya akan mengecil..

#### 4.10 Analisa Tension pada *Mooring Line*

Analisa tension pada *mooring* line ini dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan maksimum yang terjadi pada *mooring* line. Hasil dari tegangan maksimum ini nantinya akan digunakan untuk menentukan apakah konfigurasi *mooring dolphin* yang sudah didesain kuat atau tidak saat digunakan di dunia nyata. Perhitungan tension ini dilakukan menggunakan software software berbasis time domain. Beban yang dimasukkan dalam analisis ini adalah beban gelombang, arus, dan angin. Untuk permodelan konfigurasi *mooring dolphin* pada software dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 4.47** Tampak atas model konfigurasi 1 *mooring dolphin* pada software berbasis time domain



**Gambar 4.48** Tampak samping model konfigurasi 1 *mooring dolphin* pada software berbasis time domain

Setelah memasukkan input beban lingkungan seperti yang sudah disebutkan diatas kemudian dilakukan input data tanker dari software moses. Setelah kapal sudah sesuai dengan design maka dilakukan peletakan struktur *mooring dolphin* dan *mooring line* sesuai dengan design yang sudah dibuat. Untuk properti *mooring line* yang digunakan adalah nylon dengan diameter 40 mm dan memiliki Minimum Breaking Load (MBL) sebesar 376,58 KN. Analisis gaya tarik tali tambat dilakukan dengan memodelkan kondisi kritis kapal, yakni dengan muatan kapal tanker 100% ketika dikenai gelombang sisi. Untuk proses *running* agar menghasilkan *tension* maksimum pada *mooring line* diperlukan simulasi selama 3 jam (10800s) sesuai dengan *rules* dari DNV OS E301.

Batas operasi gaya tarik tiap-tiap tali tambat yang diizinkan mengacu pada *safety factor* Nylon sebesar 2.2 (OCIMF, 2008), artinya *Minimum Breaking Load* (MBL = gaya tarik minimum yang cukup untuk memutuskan tali) per gaya tarik tali tambatnya tidak diizinkan kurang dari 2.2. Hasil *tension* akan ditampilkan dalam tabel 4.14 sampai tabel 4.19 untuk yang memiliki nilai *tension* terbesar dan tabel untuk nilai *max tension* pada masing – masing tali.



a. Arah Pembebanan  $0^0$

Kondisi pasang :

**Tabel 4.14** Hasil analisa tegangan tali dengan arah pembebanan  $0^0$  kondisi pasang

<b>NO line</b>	<b>Max Tension (KN)</b>	<b>MBL/Tension</b>
<b>1</b>	<b>28,3</b>	<b>12,3</b>
<b>2</b>	<b>36,9</b>	<b>9,4</b>
<b>3</b>	<b>64,9</b>	<b>5,4</b>
<b>4</b>	<b>81,5</b>	<b>4,3</b>
<b>5</b>	<b>33,3</b>	<b>10,5</b>
<b>6</b>	<b>25,1</b>	<b>13,9</b>

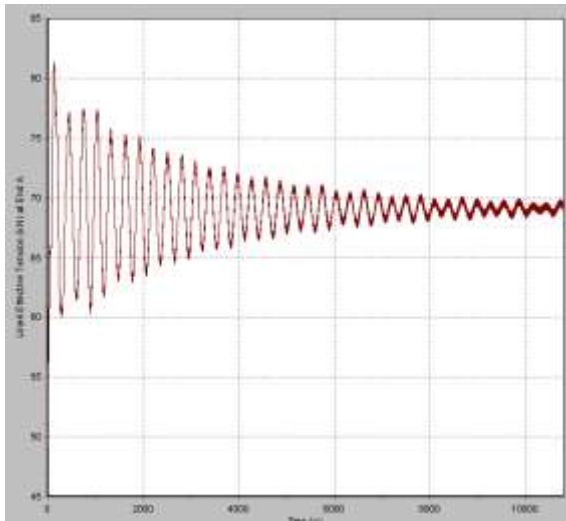
Dari tabel 4.14 diketahui pada arah pembebanan  $0^0$  kondisi pasang, nilai tension terbesar ada pada line 4 dengan nilai 81,5 KN dan nilai MBL/Tension adalah 4,3 sehingga masih aman. Grafik tegangan line disajikan pada grafik 4.48.a

Kondisi Surut :

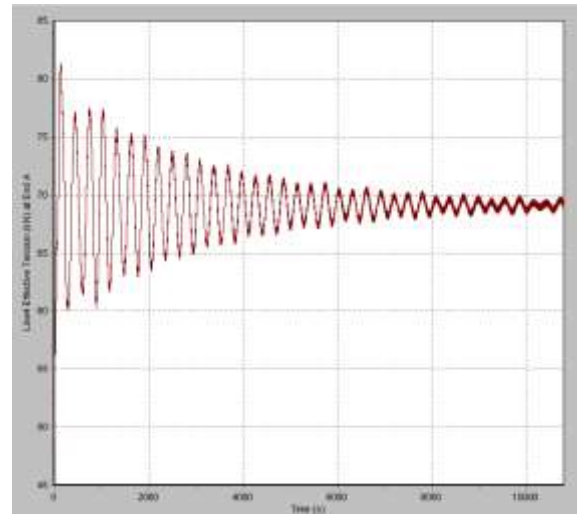
**Tabel 4.15** Hasil analisa tegangan tali dengan arah pembebanan  $0^0$  kondisi pasang

<b>NO line</b>	<b>Max Tension (KN)</b>	<b>MBL/Tension</b>
<b>1</b>	<b>28,0</b>	<b>12,4</b>
<b>2</b>	<b>36,1</b>	<b>9,7</b>
<b>3</b>	<b>54,9</b>	<b>6,3</b>
<b>4</b>	<b>77,5</b>	<b>4,5</b>
<b>5</b>	<b>31,5</b>	<b>11,1</b>
<b>6</b>	<b>24,3</b>	<b>14,3</b>

Dari tabel 4.15 diketahui pada arah pembebanan  $0^0$  kondisi surut, nilai tension terbesar ada pada line 4 dengan nilai 77,5 KN dan nilai MBL/Tension 4,5 sehingga masih aman. Grafik tegangan line disajikan pada grafik 4.48.b



(a)



(b)

**Gambar 4.49.** Grafik hasil analisa tegangan tali maksimum saat dibebani dengan arah pembebanan  $0^0$  pada saat pasang (a) dan surut (b)

b. Arah Pembebanan  $90^0$

Kondisi pasang :

Tabel 4.16 Hasil analisa tegangan tali dengan arah pembebanan  $90^0$  kondisi pasang

<b>NO line</b>	<b>Max Tension (KN)</b>	<b>MBL/Tension</b>
<b>1</b>	<b>117,5</b>	<b>3,0</b>
<b>2</b>	<b>152,2</b>	<b>2,3</b>
<b>3</b>	<b>155,6</b>	<b>2,2</b>
<b>4</b>	<b>145,1</b>	<b>2,4</b>
<b>5</b>	<b>40,4</b>	<b>8,6</b>
<b>6</b>	<b>28,5</b>	<b>12,2</b>

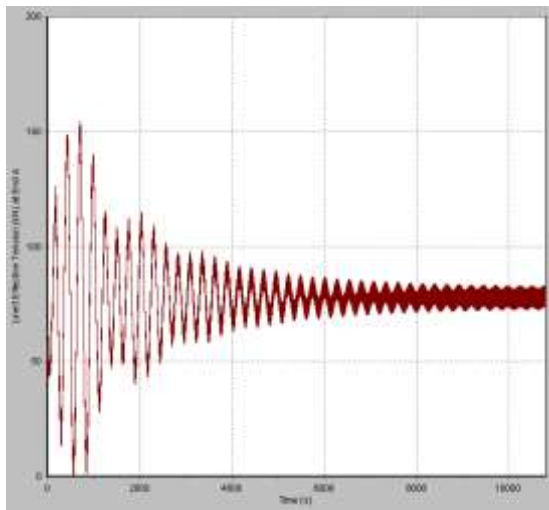
Dari tabel 4.16 diketahui pada arah pembebanan  $90^0$  kondisi pasang, nilai tension terbesar ada pada line 3 dengan nilai 155,6 KN dan nilai MBL/Tension 2,2 nilai ini masih terbilang aman dikarenakan tidak dibawah 2,2. Grafik tegangan line disajikan pada grafik 4.49. a

Kondisi Surut :

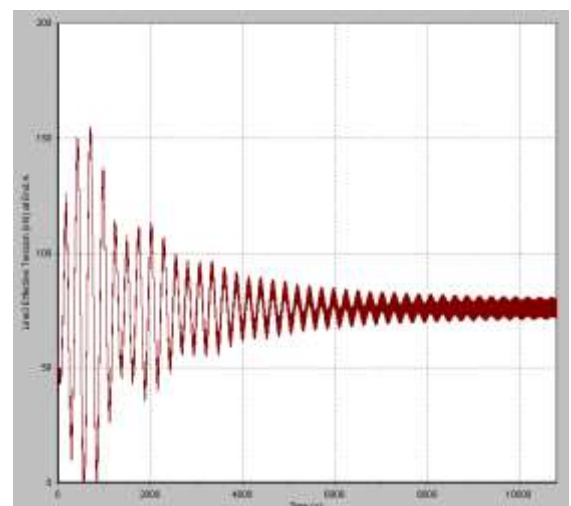
Tabel 4.17 Hasil analisa tegangan tali dengan arah pembebanan  $90^0$  kondisi surut

NO line	MaxTension (KN)	MBL/Tension
1	116,2	3,0
2	150,9	2,3
3	154,8	2,3
4	143,3	2,4
5	39,8	8,8
6	27,2	12,8

Dari tabel 4.17 diketahui pada arah pembebanan  $90^0$  kondisi surut, nilai tension terbesar ada pada line 3 dengan nilai 154,8 KN dan nilai MBL/Tension sebesar 2,3, nilai ini masih termasuk aman untuk digunakan. Grafik tegangan line disajikan pada grafik 4.49. b



(a)



(b)

**Gambar 4.49.** Grafik hasil analisa tegangan tali maksimum saat dibebani dengan arah pembebanan  $90^0$  pada saat pasang (a) dan surut (b)

c. Arah Pembebanan  $180^0$

Kondisi Pasang :

**Tabel 4.18** Hasil analisa tegangan tali dengan arah pembebanan 180<sup>0</sup> kondisi pasang

<b>NO line</b>	<b>Max Tension (KN)</b>	<b>MBL/Tension</b>
<b>1</b>	<b>26,6</b>	<b>13,1</b>
<b>2</b>	<b>36,1</b>	<b>9,7</b>
<b>3</b>	<b>83,1</b>	<b>4,2</b>
<b>4</b>	<b>67,9</b>	<b>5,1</b>
<b>5</b>	<b>33,9</b>	<b>10,3</b>
<b>6</b>	<b>25,8</b>	<b>13,5</b>

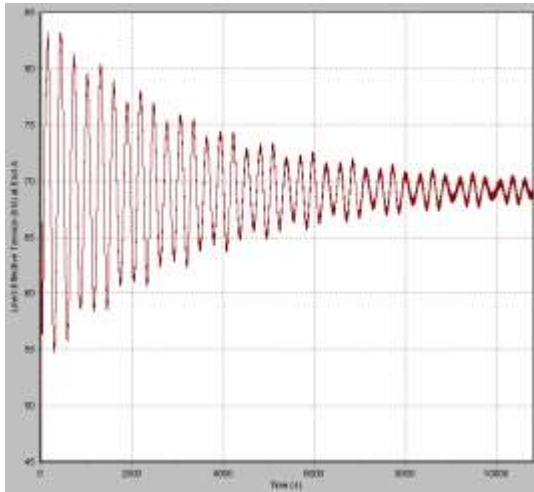
Dari tabel 4.18 diketahui pada arah pembebanan 90<sup>0</sup> kondisi surut, nilai tension terbesar ada pada line 3 dengan nilai 83,1 KN dan nilai MBL/Tension sebesar 4,2, nilai ini masih termasuk aman untuk digunakan. Grafik tegangan line disajikan pada grafik 4.50. a

#### Kondisi Surut

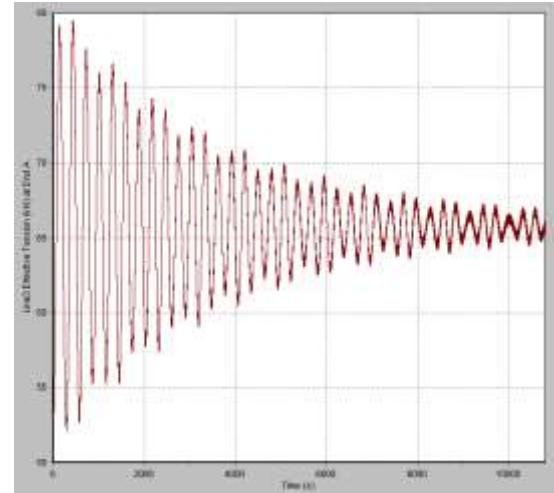
**Tabel 4.19** Hasil analisa tegangan tali dengan arah pembebanan 180<sup>0</sup> kondisi surut

<b>NO line</b>	<b>Max Tension (KN)</b>	<b>MBL/Tension</b>
<b>1</b>	<b>24,1</b>	<b>14,5</b>
<b>2</b>	<b>31,4</b>	<b>11,1</b>
<b>3</b>	<b>79,5</b>	<b>4,4</b>
<b>4</b>	<b>53,0</b>	<b>6,6</b>
<b>5</b>	<b>31,7</b>	<b>11,0</b>
<b>6</b>	<b>25,3</b>	<b>13,8</b>

Dari tabel 4.18 diketahui pada arah pembebanan 90<sup>0</sup> kondisi surut, nilai tension terbesar ada pada line 3 dengan nilai 79,5 KN dan nilai MBL/Tension sebesar 4,4, nilai ini masih termasuk aman untuk digunakan. Grafik tegangan line disajikan pada grafik 4.50. b



(a)



(b)

**Gambar 4.50.** Grafik hasil analisa tegangan tali maksimum saat dibebani dengan arah pembebanan  $180^0$  pada saat pasang (a) dan surut (b)

Dari hasil tension pada pembebanan  $0^0$ ,  $90^0$ , dan  $180^0$  pada kondisi pasang ataupun surut dapat diambil kesimpulan bahwa, konfigurasi *mooring* line untuk kapal 50.000 DWT dapat dikatakan aman untuk digunakan.

#### 4.10. Analisa Tension Apabila Terjadi Tali Putus

Pada analisa tugas akhir ini akan dilakukan analisa terhadap nilai tension yang terjadi apabila ada tali tambat yang putus. Hasil analisa akan ditampilkan pada Tabel 4.20 sampai Tabel 4.24 Hasil dari analisa ini akan memberikan informasi mengenai masih amankah konfigurasi *mooring dolphin* jika terjadi tali yang putus.

**Tabel 4.20** Hasil analisa MBL/Tension maksimum apabila tali 1 putus

no line	Surut			Pasang		
	0°	90°	180°	0°	90°	180°
2	9,2	error	10,3	9,0	error	9,7
3	6,0	error	4,9	5,4	error	4,6
4	4,1	error	6,6	3,9	error	6,0
5	10,9	error	11,0	10,5	error	10,0
6	13,9	error	13,6	13,8	error	13,3

Dari tabel 4.20 dapat diketahui bahwa perhitungan terjadi error ketika tali no. 1 putus sehingga konfigurasi menjadi tidak aman.

**Tabel 4.21** Hasil analisa MBL/Tension maksimum apabila tali 2 putus

no line	Surut			Pasang		
	0°	90°	180°	0°	90°	180°
1	12,0	1,8	13,2	11,9	1,8	13,1
3	6,6	1,7	4,8	5,4	1,6	4,6
4	4,1	1,6	6,6	3,9	1,6	6,0
5	10,8	7,4	10,7	10,5	7,3	10,3
6	13,9	13,0	13,0	13,7	12,3	12,8

Dari 4.21 dapat diketahui bahwa perhitungan tidak terjadi error saat tali no. 2 putus, akan tetapi didapati nilai dibawah 2,2, hal ini berarti struktur diktakan tidak aman, dikarenakan nilai MBL/tension tidak sesuai standart.

**Tabel 4.22** Hasil analisa MBL/Tension maksimum apabila tali 3 putus

no line	Surut			Pasang		
	0°	90°	180°	0°	90°	180°
1	error	2,5	error	error	2,6	error
2	error	1,9	error	error	2,0	error
4	error	5,9	error	error	5,7	error
5	error	6,5	error	error	9,7	error
6	error	9,7	error	error	6,7	error

Dari tabel 4.22 dapat diketahui bahwa perhitungan terjadi error ketika tali no. 3 putus sehingga konfigurasi menjadi tidak aman.

**Tabel 4.22** Hasil analisa MBL/Tension maksimum apabila tali 4 putus

no line	Surut			Pasang		
	0°	90°	180°	0°	90°	180°
1	error	2,8	error	error	2,8	error
2	error	2,2	error	error	2,2	error
3	error	2,8	error	error	2,7	error
5	error	5,4	error	error	5,5	error
6	error	7,9	error	error	8,1	error

Dari tabel 4.22 dapat diketahui bahwa perhitungan terjadi error ketika tali no. 4 putus sehingga konfigurasi menjadi tidak aman.

**Tabel 4.23** Hasil analisa MBL/Tension maksimum apabila tali 5 putus

no line	Surut			Pasang		
	0°	90°	180°	0°	90°	180°
1	12,9	3,1	14,5	12,4	3,1	14,4
2	10,2	2,1	10,9	9,9	2,2	11,0
3	6,6	2,0	4,1	6,5	2,1	4,0
4	4,8	2,0	6,7	4,8	2,1	6,8
6	14,3	6,1	13,7	14,1	6,2	6,2

Dari 4.23 dapat diketahui bahwa perhitungan tidak terjadi error saat tali no. 5 putus, akan tetapi didapati nilai dibawah 2,2, hal ini berarti struktur diktakan tidak aman, dikarenakan nilai MBL/tension tidak sesuai standart.

**Tabel 4.24** Hasil analisa MBL/Tension maksimum apabila tali 6 putus

no line	Pasang			Surut		
	0 (deg)	90 (deg)	180 (deg)	0 (deg)	90 (deg)	180 (deg)
1	12,9	error	13,2	12,4	error	12,9
2	10,2	error	9,7	10,0	error	9,7
3	6,5	error	3,8	6,3	error	3,7
4	4,9	error	6,0	4,8	error	5,9
5	11,0	error	10,2	10,6	error	10,0

Dari tabel 4.24 dapat diketahui bahwa perhitungan terjadi error ketika tali no. 4 putus sehingga konfigurasi menjadi tidak aman. Dengan melihat hasil dari analisa tali putus ini kita dapat mendapat kesimpulan bahwa, apabila terdapat satu saja tali yang putus maka konfigurasi *mooring dolphin* akan menjadi tidak layak untuk beroperasi.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah

1. *Layout mooring dolphin* yang sesuai dapat dilihat dari dua aspek yaitu secara horizontal dan vertikal.
  - a. Secara vertikal yaitu elevasi dari *mooring dolphin* yang bernilai -14,2 m dari LLWS (datum) dan ketinggian *mooring dolphin* diatas muka air adalah 6,35 m dari LLWS (datum).
  - b. Secara Horizontal yaitu jarak antara mooring dolphin – dengan mooring dolphin lainnya, dimana terdapat 3 konfigurasi *mooring dolphin* dan masing – masing konfigurasi terdapat 6 mooring dolphin dan 2 breasting dolphin. Untuk lebih detailnya yaitu :
    1. Konfigurasi 1, jarak antara breasting dolphin adalah 62,21 m, jarak antara kapal ke mooring dolphin adalah 40 m, jarak antara mooring dolphin adalah 22,09 m dan 16,5 m, dan jarak antara mooring dolphin ke breasting dolphin adalah 45,35 m.
    2. Konfigurasi 2, jarak antara breasting dolphin adalah 46,52 m, jarak antara kapal ke mooring dolphin adalah 40 m, jarak antara mooring dolphin adalah 20,59 m dan 11,6 m, dan jarak antara mooring dolphin ke breasting dolphin adalah 28,68 m
    3. Konfigurasi 1, jarak antara breasting dolphin adalah 18,84 m, jarak antara kapal ke mooring dolphin adalah 40 m, jarak antara mooring dolphin adalah 15,91 m dan 7,29 m, dan jarak antara mooring dolphin ke breasting dolphin adalah 24,72 m
2. Nilai MBL/tension dari konfigurasi mooring terkecil adalah 2,2 terjadi pada line 3 saat arah pembebanan  $90^0$  dan pada kondisi pasang. Nilai

tersebut masih berada pada kondisi aman sehingga desain konfigurasi mooring dolphin aman untuk dioperasikan.

3. Terjadinya tali putus pada konfigurasi mooring dolphin akan menyebabkan nilai dari *tension* menjadi error dan konfigurasi mooring dolphin menjadi tidak aman sehingga diambil kesimpulan tidak diperbolehkan untuk terjadinya tali putus pada konfigurasi mooring dolphin.

## **5.2. SARAN**

Beberapa saran yang dapat diberikan penulis untuk kegunaan penelitian selanjutnya, diantaranya :

1. Dilakukan desain dan perhitungan struktur besaerta pondasi dari *mooring dolphin*.
2. Dilakukan Desain Bollard yang sesuai untuk digunakan dalam *mooring dolphin* ini.

## Daftar pustaka

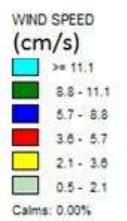
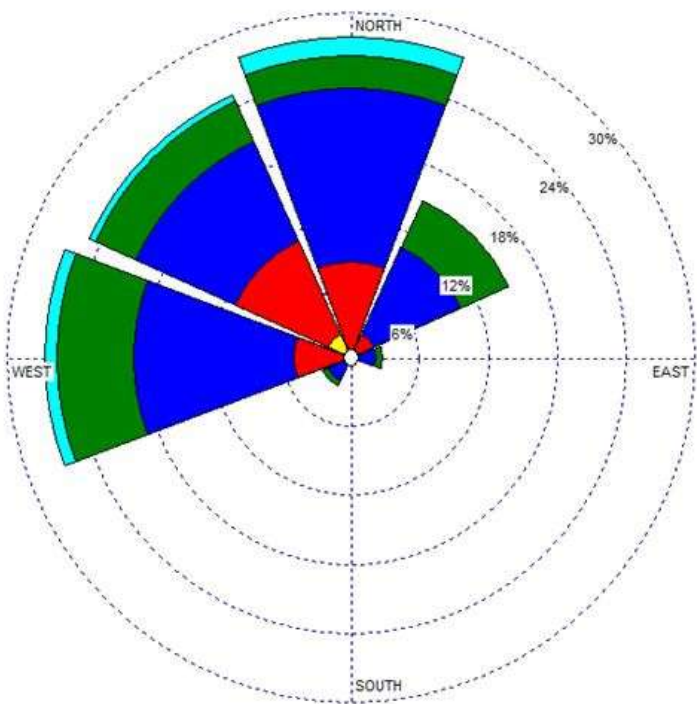
- Cadet Site. 2012. **Mooring Line**. <http://deckskills.tripod.com/cadetsite/id131>  
(Diakses 22 Agustus 2016)
- CERC. 1992. "**Automated Coastal Engineering System (Volume 1)**". Mississippi: Departement of the Army Water-way Experiment Station Corps of Engineers.
- Hakim, L. 2015. **Analisa Komparasi Daya Dukung Tiang Pancang Pada Konstruksi Dermaga Apung**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya
- Liauw,L.S. (2008). **Studi Perilaku Pondasi Rigid untuk Kapal CPO 30.000 DWT**. Tugas Akhir.Jurusan Teknik Sipil-FT.Universitas Indonesia,Depok
- Lee, D. H., Lee, J. W., Kang, S. J., and Kim, H. J. (2013), **Design Condition for Dolphin Berth by Tanker Fleet Analysis**, ANC 2013 Proceedings, KINPR, pp. 491-498.
- Google Maps. 2016. **Google Maps**. (Online). [www.google.co.id/maps](http://www.google.co.id/maps). (Diakses 24 Oktober 2016).
- OCDIJ. 2009, **Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan**, Daikousha Printing Co., Ltd., pp. 494-524..
- OCIMF. 2009, **Mooring Equipment Guidelines**, 3rd Ed., London, England.
- Triatmodjo B. 2009. **Perencanaan Pelabuhan**. Beta Offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. 1999. **Teknik Pantai**. Yogyakarta: Beta Offset.
- U.S.Army Corp Engineering.1984. **Shore Protection Manual**. Missisipi, 4th ed.Vol I and II
- US Navy (1986), **Fixed Moorings. Design Manual 26.4** (NAVFACDM26.4).Department of Navy.

Water, J. 2003, *Mooring Force Analysis Method*. Dept of Naval Architecture & Ocean Engineering. U.S. Naval Academy. Annapolis

## LAMPIRAN A

### Data Arus

Sample	Year	Month	Day	Hour		Cell08	Cell08	Cell08	Cell08	Cell08
						Ve(cm/s)	Vn(cm/s)	Vu(cm/s)	Spd(cm/s)	Dir(deg)
144	2015	11	9	22	45	25.6	22	0.2	33.8	49.3
145	2015	11	9	23	0	25.5	27.5	-0.3	37.5	42.8
146	2015	11	9	23	15	20.1	20.4	-0.5	28.6	44.6
147	2015	11	9	23	30	17.8	17.5	-0.8	25	45.5







# LAMPIRAN B

## PERHITUNGAN PERIODE ULANG

U <sub>L</sub> knots	U <sub>L</sub> m / s	R <sub>t</sub>	R <sub>L</sub>	U <sub>w</sub> m / s	U <sub>A</sub> m / s	45°		
						F <sub>eff</sub> ( m )	H <sub>0</sub> ( m )	T <sub>0</sub> ( s )
4,850	2,50	1,00	1,650	4,12	4,05	235188,63	1,00	31,00
9,700	5,00	1,00	1,400	6,99	7,77		1,93	7,27
14,560	7,50	1,00	1,250	9,37	11,13		2,76	8,18
19,410	10,00	1,00	1,130	11,30	14,01		3,47	8,83
24,270	12,50	1,00	1,050	13,12	16,85		4,18	9,38
Σ							13,34	64,66

### (Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

n	n x H <sub>0</sub> <sup>2</sup> ( m )	H <sub>0 1/3 ( m )</sub> = 1.42 x Hrms	H <sub>0 1/3 ( m )</sub>	n x T <sub>0</sub> <sup>2</sup> ( s )
180				
78	78,74	1,81	2,57	74958,00
138	511,65			7289,01
27	205,73			1808,80
0	0,00			0,00
0	0,00			0,00
243	796,12			84055,81
Hrms	1,81		Trms	18,60
			T <sub>0 1/3</sub> ( s )	26,41

H<sub>avg</sub> = 2,67 m

T<sub>avg</sub> = 12,93 s

H<sub>s</sub> = 2,57 m

m	H <sub>z</sub> (m)	F	γ	H <sub>z</sub> x γ	γ <sup>2</sup>	(Fm - H <sub>z</sub> γ)	FP <sub>m</sub>	H <sub>z</sub> - FP <sub>m</sub>
1	4,176	0,998	2,983	12,573	8,778	8,782	4,264	-0,987
2	3,472	0,668	1,829	6,561	3,578	5,187	3,873	0,599
3	2,768	0,778	1,941	5,781	1,796	2,985	2,218	0,551
4	1,526	0,698	0,932	1,834	0,987	0,588	1,598	0,576
5	1,885	0,998	0,639	0,642	0,408	0,043	1,185	-0,188
	13,339	3,069	7,784	75,111	15,461	16,826		
	Σ1	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Σ6	Σ7	Σ8

$N=11$                        $K=11$                        $m=9$                        $n=0,64$                        $n=$   
 $N_0=11$                        $K_0=11$                        $n_0=$                        $n_0=0,93$                        $n_0=$   
 $A^2 = \frac{[(N \times S) - (Σ1 \times Σ1)]^2}{(N \times S) - (Σ1)^2}$                        $H_0 = H_0 - (Δm) =$                       31,00  
 $= 1,57468791$                        $=$                       1,215  
 $H^2 = H_0 - (Δm) - (A^2 \times γ - (Δm)^2)$                        $γ - (Δm) =$                       3,873  
 $= 0,89833216$                        $=$                       0,786  
 $n = m \times H$                        $w =$                       1  
 $= 0,95333996$                        $=$                       1  
 $nH = [(10N - 1) \times S - (Σ1)^2] \times H^2$                        $k =$                       N<sub>0</sub> / K  
 $= 1,29753339$                        $=$                       1

Y <sub>z</sub> (m)	γ <sub>z</sub> (m)	H <sub>z</sub> (m)	n <sub>z</sub>	n <sub>z</sub>	H <sub>z</sub> - 1.215 x n <sub>z</sub> (m)	H <sub>z</sub> + 1.215 x n <sub>z</sub> (m)
5	1,49994	3,478	0,935	0,694	2,532	4,588
18	2,29857	3,691	0,726	0,944	2,482	4,988
15	2,67575	3,644	0,643	1,094	2,444	5,244
28	2,97828	3,951	0,925	1,788	2,415	5,487
25	3,19833	4,034	0,989	1,783	2,392	5,676
58	3,98194	4,788	1,188	1,541	2,316	6,268
188	4,68815	4,548	1,987	1,688	2,236	6,644





## LAMPIRAN C

### OUTPUT MOSES

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

=====

Heading 0<sup>0</sup>

Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,2513	25	0,902	0	0,967	0	0,386	0
0,3142	20	0,836	0	0,914	0	0,603	0
0,3307	19	0,813	0	0,894	0	0,666	0
0,3491	18	0,785	0	0,867	0	0,738	0
0,3696	17	0,75	0	0,831	0	0,821	0
0,3927	16	0,705	0	0,782	0	0,915	0
0,4189	15	0,649	0	0,717	0	1,019	0
0,4333	14,5	0,615	0	0,675	0	1,073	0
0,4488	14	0,577	0	0,626	0	1,129	0
0,4654	13,5	0,534	0	0,568	0	1,183	0
0,4833	13	0,485	0	0,5	0,001	1,234	0
0,5027	12,5	0,431	0	0,418	0,001	1,276	0
0,5236	12	0,371	0	0,321	0,005	1,302	0
0,5464	11,5	0,304	0	0,207	0,003	1,3	0
0,5712	11	0,232	0	0,083	0,001	1,249	0
0,5984	10,5	0,156	0	0,116	0,001	1,117	0
0,6283	10	0,08	0	0,275	0,001	0,858	0
0,6614	9,5	0,009	0	0,401	0,001	0,457	0
0,6981	9	0,057	0	0,413	0	0,115	0
0,7392	8,5	0,1	0	0,293	0	0,323	0
0,7854	8	0,112	0	0,143	0	0,378	0
0,8378	7,5	0,087	0	0,097	0	0,271	0
0,8976	7	0,034	0	0,099	0	0,113	0
0,9666	6,5	0,021	0	0,056	0	0,077	0
1,0472	6	0,028	0	0,022	0	0,056	0
1,1424	5,5	0,006	0	0,012	0	0,013	0
1,2566	5	0,005	0	0,012	0	0,012	0
1,3963	4,5	0,002	0	0,004	0	0,012	0
1,5708	4	0,001	0	0,01	0	0,004	0
2,0944	3	0	0	0,001	0	0	0

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

=====

Heading 45°

Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,2513	25	0,65	0,662	0,986	0,295	0,275	0,14
0,3142	20	0,619	0,629	0,963	0,504	0,438	0,21
0,3307	19	0,608	0,619	0,954	0,576	0,487	0,229
0,3491	18	0,595	0,606	0,943	0,668	0,546	0,25
0,3696	17	0,579	0,59	0,927	0,789	0,615	0,274
0,3927	16	0,559	0,571	0,905	0,957	0,698	0,299
0,4189	15	0,533	0,548	0,875	1,212	0,798	0,326
0,4333	14,5	0,518	0,535	0,856	1,397	0,856	0,34
0,4488	14	0,5	0,521	0,833	1,651	0,921	0,353
0,4654	13,5	0,48	0,507	0,805	2,017	0,992	0,365
0,4833	13	0,457	0,491	0,77	2,592	1,07	0,374
0,5027	12,5	0,431	0,45	0,727	3,121	1,157	0,377
0,5236	12	0,401	0,374	0,673	3,472	1,25	0,377
0,5464	11,5	0,366	0,273	0,602	3,137	1,348	0,382
0,5712	11	0,327	0,221	0,506	2,093	1,443	0,388
0,5984	10,5	0,283	0,197	0,376	1,155	1,513	0,38
0,6283	10	0,233	0,16	0,196	0,608	1,507	0,357
0,6614	9,5	0,18	0,114	0,029	0,286	1,343	0,321
0,6981	9	0,122	0,064	0,237	0,173	0,992	0,268
0,7392	8,5	0,062	0,019	0,332	0,245	0,593	0,199
0,7854	8	0,006	0,027	0,301	0,315	0,299	0,119
0,8378	7,5	0,041	0,047	0,21	0,322	0,174	0,038
0,8976	7	0,066	0,046	0,12	0,257	0,171	0,028
0,9666	6,5	0,062	0,024	0,063	0,132	0,146	0,058
1,0472	6	0,029	0,008	0,048	0,048	0,086	0,042
1,1424	5,5	0,01	0,02	0,022	0,098	0,028	0,007
1,2566	5	0,014	0,004	0,016	0,041	0,027	0,022
1,3963	4,5	0,004	0,022	0,009	0,051	0,019	0,012
1,5708	4	0,002	0,003	0,004	0,017	0,008	0,012
2,0944	3	0	0,008	0,001	0,003	0	0,001

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

=====

Heading 90<sup>0</sup>

Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,2513	25	0	0,954	1,005	0,424	0,001	0,001
0,3142	20	0	0,932	1,014	0,744	0,003	0,002
0,3307	19	0	0,926	1,017	0,859	0,004	0,002
0,3491	18	0	0,919	1,022	1,009	0,006	0,003
0,3696	17	0	0,911	1,029	1,214	0,008	0,004
0,3927	16	0	0,904	1,039	1,51	0,011	0,005
0,4189	15	0	0,896	1,053	1,965	0,015	0,007
0,4333	14,5	0	0,892	1,063	2,299	0,018	0,009
0,4488	14	0	0,888	1,075	2,745	0,023	0,011
0,4654	13,5	0	0,881	1,09	3,34	0,028	0,014
0,4833	13	0	0,864	1,109	4,103	0,036	0,019
0,5027	12,5	0	0,819	1,134	4,896	0,047	0,024
0,5236	12	0	0,736	1,167	5,374	0,062	0,029
0,5464	11,5	0	0,642	1,209	5,179	0,084	0,031
0,5712	11	0	0,59	1,266	4,432	0,116	0,029
0,5984	10,5	0,001	0,581	1,337	3,466	0,166	0,026
0,6283	10	0,001	0,58	1,417	2,612	0,237	0,022
0,6614	9,5	0,001	0,568	1,473	1,991	0,322	0,019
0,6981	9	0,002	0,546	1,433	1,548	0,382	0,017
0,7392	8,5	0,002	0,515	1,239	1,215	0,368	0,015
0,7854	8	0,001	0,477	0,927	0,956	0,289	0,013
0,8378	7,5	0,001	0,433	0,623	0,746	0,201	0,012
0,8976	7	0,001	0,382	0,397	0,573	0,134	0,01
0,9666	6,5	0	0,327	0,243	0,428	0,089	0,009
1,0472	6	0	0,268	0,131	0,307	0,06	0,008
1,1424	5,5	0	0,208	0,097	0,21	0,033	0,007
1,2566	5	0	0,151	0,053	0,131	0,027	0,006
1,3963	4,5	0	0,048	0,028	0,063	0,018	0,011
1,5708	4	0	0,061	0,01	0,053	0,007	0,005
2,0944	3	0	0,019	0,001	0,012	0	0,003

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

=====

Heading 135<sup>0</sup>

Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,2513	25	0,65	0,662	0,986	0,295	0,273	0,14
0,3142	20	0,619	0,629	0,965	0,504	0,432	0,21
0,3307	19	0,608	0,618	0,957	0,576	0,48	0,229
0,3491	18	0,595	0,606	0,946	0,667	0,536	0,251
0,3696	17	0,579	0,59	0,932	0,788	0,603	0,275
0,3927	16	0,559	0,57	0,913	0,955	0,682	0,302
0,4189	15	0,534	0,547	0,888	1,209	0,776	0,33
0,4333	14,5	0,518	0,533	0,872	1,393	0,831	0,345
0,4488	14	0,501	0,518	0,854	1,644	0,89	0,361
0,4654	13,5	0,481	0,501	0,832	1,999	0,955	0,377
0,4833	13	0,458	0,477	0,808	2,508	1,025	0,394
0,5027	12,5	0,431	0,432	0,779	3,109	1,101	0,412
0,5236	12	0,401	0,346	0,747	3,464	1,182	0,425
0,5464	11,5	0,367	0,248	0,71	3,146	1,263	0,424
0,5712	11	0,328	0,217	0,669	2,078	1,336	0,413
0,5984	10,5	0,284	0,199	0,622	1,147	1,382	0,403
0,6283	10	0,235	0,162	0,556	0,599	1,357	0,385
0,6614	9,5	0,182	0,114	0,439	0,26	1,207	0,354
0,6981	9	0,124	0,062	0,235	0,092	0,929	0,307
0,7392	8,5	0,064	0,017	0,026	0,182	0,604	0,243
0,7854	8	0,009	0,037	0,154	0,268	0,285	0,162
0,8378	7,5	0,04	0,063	0,165	0,294	0,036	0,076
0,8976	7	0,066	0,067	0,1	0,251	0,095	0,034
0,9666	6,5	0,062	0,048	0,024	0,147	0,104	0,067
1,0472	6	0,029	0,024	0,02	0,043	0,041	0,062
1,1424	5,5	0,01	0,021	0,02	0,084	0,028	0,041
1,2566	5	0,014	0,028	0,013	0,048	0,016	0,025
1,3963	4,5	0,004	0,008	0,005	0,038	0,011	0,019
1,5708	4	0,002	0,001	0,001	0,008	0,006	0,008
2,0944	3	0	0,007	0,001	0,005	0,001	0,004

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

=====

Heading 180<sup>0</sup>

Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,2513	25	0,902	0	0,968	0	0,382	0
0,3142	20	0,836	0	0,918	0	0,593	0
0,3307	19	0,814	0	0,899	0	0,654	0
0,3491	18	0,785	0	0,874	0	0,723	0
0,3696	17	0,75	0	0,841	0	0,802	0
0,3927	16	0,706	0	0,797	0	0,891	0
0,4189	15	0,649	0	0,739	0	0,989	0
0,4333	14,5	0,615	0	0,702	0	1,04	0
0,4488	14	0,577	0	0,66	0	1,092	0
0,4654	13,5	0,534	0	0,611	0	1,143	0
0,4833	13	0,486	0	0,554	0	1,19	0
0,5027	12,5	0,432	0	0,489	0,001	1,229	0
0,5236	12	0,371	0	0,414	0,002	1,254	0
0,5464	11,5	0,305	0	0,328	0,001	1,256	0
0,5712	11	0,233	0	0,232	0	1,217	0
0,5984	10,5	0,157	0	0,126	0	1,115	0
0,6283	10	0,081	0	0,057	0	0,918	0
0,6614	9,5	0,012	0	0,187	0	0,617	0
0,6981	9	0,056	0	0,333	0	0,266	0
0,7392	8,5	0,099	0	0,363	0	0,065	0
0,7854	8	0,112	0	0,236	0	0,244	0
0,8378	7,5	0,087	0	0,072	0	0,243	0
0,8976	7	0,034	0	0,059	0	0,11	0
0,9666	6,5	0,02	0	0,058	0	0,032	0
1,0472	6	0,028	0	0,011	0	0,058	0
1,1424	5,5	0,006	0	0,03	0	0,011	0
1,2566	5	0,005	0	0,015	0	0,014	0
1,3963	4,5	0,002	0	0,007	0	0,004	0
1,5708	4	0,001	0	0,007	0	0,009	0
2,0944	3	0	0	0,001	0	0,001	0

+++LINEARZED WAVE FREQUENCY FORCES+++

Heading 0°

Frekuensi	Periode	surge	sway	heave	roll	pitch	yaw
0.2513	25.00	319.	0.	3993.	0.	54628.	1.
0.3142	20.00	463.	0.	3496.	1.	77642.	2.
0.3307	19.00	500.	0.	3342.	1.	83455.	3.
0.3491	18.00	538.	0.	3158.	1.	89589.	3.
0.3696	17.00	576.	0.	2938.	1.	95874.	4.
0.3927	16.00	612.	0.	2671.	1.	101975.	5.
0.4189	15.00	641.	0.	2345.	2.	107278.	7.
0.4333	14.50	651.	0.	2155.	2.	109318.	7.
0.4488	14.00	656.	0.	1946.	2.	110700.	8.
0.4654	13.50	653.	0.	1716.	2.	111172.	9.
0.4833	13.00	641.	0.	1465.	2.	110410.	11.
0.5027	12.50	617.	0.	1192.	2.	108010.	12.
0.5236	12.00	577.	0.	899.	2.	103491.	13.
0.5464	11.50	517.	0.	594.	1.	96300.	14.
0.5712	11.00	433.	0.	292.	1.	85867.	16.
0.5984	10.50	322.	0.	112.	1.	71712.	17.
0.6283	10.00	183.	0.	319.	0.	53694.	17.
0.6614	9.50	26.	0.	513.	0.	32542.	17.
0.6981	9.00	153.	0.	603.	0.	12444.	16.
0.7392	8.50	304.	0.	549.	0.	17797.	13.
0.7854	8.00	385.	0.	349.	0.	30789.	9.
0.8378	7.50	341.	0.	162.	0.	31042.	4.
0.8976	7.00	153.	0.	309.	0.	16563.	1.
0.9666	6.50	106.	0.	281.	0.	13575.	3.
10.472	6.00	172.	0.	102.	1.	14122.	3.
11.424	5.50	42.	0.	133.	4.	5735.	19.
12.566	5.00	42.	0.	180.	1.	6968.	17.
13.963	4.50	22.	1.	90.	5.	8097.	76.
15.708	4.00	12.	0.	238.	2.	4348.	25.
20.944	3.00	2.	0.	48.	4.	642.	33.

/

+++LINEARZED WAVE FREQUENCY FORCES+++

Heading 45<sup>0</sup>

Frekuensi	Periode	surge	sway	heave	roll	pitch	yaw
0.2513	25.00	230.	475.	4069.	1746.	38924.	4611.
0.3142	20.00	343.	725.	3678.	2601.	56219.	10714.
0.3307	19.00	373.	794.	3563.	2828.	60856.	13001.
0.3491	18.00	407.	871.	3429.	3073.	65957.	15912.
0.3696	17.00	445.	954.	3270.	3330.	71519.	19636.
0.3927	16.00	485.	1042.	3080.	3584.	77486.	24408.
0.4189	15.00	527.	1127.	2849.	3811.	83701.	30487.
0.4333	14.50	548.	1165.	2716.	3900.	86803.	34092.
0.4488	14.00	568.	1198.	2567.	3962.	89814.	38097.
0.4654	13.50	587.	1222.	2402.	3985.	92634.	42495.
0.4833	13.00	604.	1233.	2218.	3956.	95127.	47243.
0.5027	12.50	616.	1227.	2014.	3860.	97107.	52240.
0.5236	12.00	623.	1197.	1788.	3678.	98323.	57303.
0.5464	11.50	621.	1137.	1538.	3392.	98449.	62128.
0.5712	11.00	608.	1042.	1265.	2986.	97059.	66254.
0.5984	10.50	578.	907.	971.	2450.	93628.	69019.
0.6283	10.00	527.	730.	665.	1781.	87543.	69540.
0.6614	9.50	450.	515.	369.	1007.	78169.	66752.
0.6981	9.00	340.	279.	191.	374.	65023.	59572.
0.7392	8.50	195.	83.	319.	978.	48193.	47278.
0.7854	8.00	26.	194.	476.	1791.	29450.	30134.
0.8378	7.50	159.	307.	523.	2336.	16916.	10184.
0.8976	7.00	297.	300.	431.	2313.	22578.	8741.
0.9666	6.50	322.	157.	269.	1480.	27654.	19179.
10.472	6.00	177.	61.	260.	704.	21275.	15550.
11.424	5.50	72.	175.	197.	1704.	9020.	2918.
12.566	5.00	122.	41.	186.	866.	12486.	11044.
13.963	4.50	47.	253.	142.	1335.	12151.	7077.
15.708	4.00	21.	52.	83.	622.	6806.	9214.
20.944	3.00	2.	226.	41.	314.	215.	838.



+++LINEARZED WAVE FREQUENCY FORCES+++

Heading 90<sup>0</sup>

Frekuensi	Periode	surge	sway	heave	roll	pitch	yaw
0.2513	25.00	0.	684.	4143.	2516.	5116.	2394.
0.3142	20.00	0.	1074.	3861.	3851.	5637.	3925.
0.3307	19.00	0.	1190.	3786.	4234.	5782.	4403.
0.3491	18.00	0.	1324.	3704.	4667.	5946.	4969.
0.3696	17.00	0.	1478.	3612.	5157.	6134.	5642.
0.3927	16.00	0.	1656.	3509.	5703.	6348.	6440.
0.4189	15.00	0.	1857.	3393.	6300.	6597.	7381.
0.4333	14.50	0.	1966.	3329.	6611.	6737.	7908.
0.4488	14.00	0.	2080.	3260.	6926.	6888.	8472.
0.4654	13.50	0.	2197.	3187.	7236.	7052.	9068.
0.4833	13.00	0.	2315.	3109.	7534.	7230.	9691.
0.5027	12.50	0.	2431.	3024.	7807.	7424.	10331.
0.5236	12.00	0.	2542.	2933.	8043.	7636.	10970.
0.5464	11.50	0.	2643.	2835.	8226.	7867.	11591.
0.5712	11.00	0.	2730.	2728.	8341.	8118.	12165.
0.5984	10.50	0.	2797.	2613.	8374.	8391.	12660.
0.6283	10.00	0.	2841.	2487.	8315.	8687.	13032.
0.6614	9.50	0.	2856.	2350.	8158.	9006.	13225.
0.6981	9.00	0.	2840.	2201.	7904.	9343.	13166.
0.7392	8.50	0.	2791.	2038.	7559.	9693.	12776.
0.7854	8.00	0.	2707.	1861.	7131.	10043.	11990.
0.8378	7.50	0.	2589.	1668.	6633.	10372.	10792.
0.8976	7.00	0.	2439.	1457.	6073.	10648.	9232.
0.9666	6.50	0.	2258.	1218.	5462.	10829.	7409.
10.472	6.00	0.	2049.	850.	4802.	11121.	5439.
11.424	5.50	0.	1808.	957.	4123.	7608.	3485.
12.566	5.00	0.	1532.	691.	3340.	10365.	2038.
13.963	4.50	0.	576.	484.	1283.	10353.	5977.
15.708	4.00	0.	967.	230.	2351.	5750.	4058.
20.944	3.00	0.	564.	40.	1114.	566.	4519.

+++LINEARZED WAVE FREQUENCY FORCES+++

Heading 135<sup>0</sup>

Frekuensi	Periode	surge	sway	heave	roll	pitch	yaw
0.2513	25.00	230.	475.	4062.	1748.	40146.	4557.
0.3142	20.00	343.	726.	3666.	2609.	57468.	10503.
0.3307	19.00	373.	796.	3550.	2841.	62049.	12718.
0.3491	18.00	407.	874.	3414.	3092.	67052.	15531.
0.3696	17.00	445.	959.	3253.	3359.	72463.	19122.
0.3927	16.00	485.	1049.	3061.	3630.	78206.	23716.
0.4189	15.00	527.	1138.	2830.	3884.	84101.	29572.
0.4333	14.50	548.	1179.	2695.	3992.	87001.	33053.
0.4488	14.00	568.	1216.	2547.	4077.	89776.	36936.
0.4654	13.50	587.	1244.	2382.	4131.	92325.	41225.
0.4833	13.00	604.	1261.	2198.	4139.	94510.	45899.
0.5027	12.50	616.	1261.	1995.	4087.	96143.	50895.
0.5236	12.00	623.	1240.	1769.	3957.	96976.	56081.
0.5464	11.50	621.	1190.	1521.	3731.	96683.	61227.
0.5712	11.00	608.	1106.	1249.	3390.	94847.	65971.
0.5984	10.50	578.	980.	955.	2922.	90947.	69767.
0.6283	10.00	527.	809.	645.	2325.	84372.	71846.
0.6614	9.50	450.	594.	329.	1633.	74469.	71191.
0.6981	9.00	340.	342.	27.	1013.	60684.	66582.
0.7392	8.50	195.	71.	234.	1036.	42866.	56818.
0.7854	8.00	26.	184.	411.	1681.	21829.	41292.
0.8378	7.50	159.	372.	456.	2271.	1641.	21485.
0.8976	7.00	297.	432.	338.	2399.	17037.	10749.
0.9666	6.50	322.	339.	94.	1767.	21956.	22109.
10.472	6.00	177.	192.	159.	575.	10469.	23075.
11.424	5.50	72.	195.	214.	1358.	11403.	17553.
12.566	5.00	122.	284.	193.	1110.	8852.	12816.
13.963	4.50	47.	96.	102.	926.	7529.	11083.
15.708	4.00	21.	11.	17.	254.	5426.	6489.
20.944	3.00	2.	194.	61.	403.	1342.	5031.

+++LINEARZED WAVE FREQUENCY FORCES+++

Heading 180<sup>0</sup>

Frekuensi	Periode	surge	sway	heave	roll	pitch	yaw
0.2513	25.00	319.	0.	3985.	0.	55564.	1.
0.3142	20.00	463.	0.	3484.	1.	78247.	2.
0.3307	19.00	500.	0.	3330.	1.	83890.	3.
0.3491	18.00	538.	0.	3147.	1.	89799.	3.
0.3696	17.00	576.	0.	2927.	1.	95796.	4.
0.3927	16.00	612.	0.	2662.	1.	101542.	5.
0.4189	15.00	641.	0.	2340.	2.	106436.	7.
0.4333	14.50	651.	0.	2154.	2.	108261.	7.
0.4488	14.00	656.	0.	1949.	2.	109437.	8.
0.4654	13.50	653.	0.	1724.	2.	109723.	9.
0.4833	13.00	641.	0.	1477.	2.	108817.	10.
0.5027	12.50	617.	0.	1210.	2.	106348.	11.
0.5236	12.00	577.	0.	924.	1.	101867.	13.
0.5464	11.50	517.	0.	624.	1.	94865.	14.
0.5712	11.00	433.	0.	320.	1.	84808.	15.
0.5984	10.50	322.	0.	57.	0.	71231.	15.
0.6283	10.00	183.	0.	259.	0.	53924.	16.
0.6614	9.50	26.	0.	464.	0.	33268.	15.
0.6981	9.00	153.	0.	572.	0.	10975.	14.
0.7392	8.50	304.	0.	542.	0.	11713.	12.
0.7854	8.00	385.	0.	356.	0.	26575.	9.
0.8378	7.50	341.	0.	69.	0.	28963.	5.
0.8976	7.00	153.	0.	240.	0.	15224.	5.
0.9666	6.50	106.	0.	285.	0.	7316.	6.
10.472	6.00	172.	0.	27.	1.	15189.	5.
11.424	5.50	42.	0.	312.	7.	4600.	24.
12.566	5.00	42.	0.	225.	2.	8165.	17.
13.963	4.50	22.	1.	126.	4.	3496.	68.
15.708	4.00	12.	0.	187.	0.	7789.	16.
20.944	3.00	2.	0.	30.	3.	1915.	32.

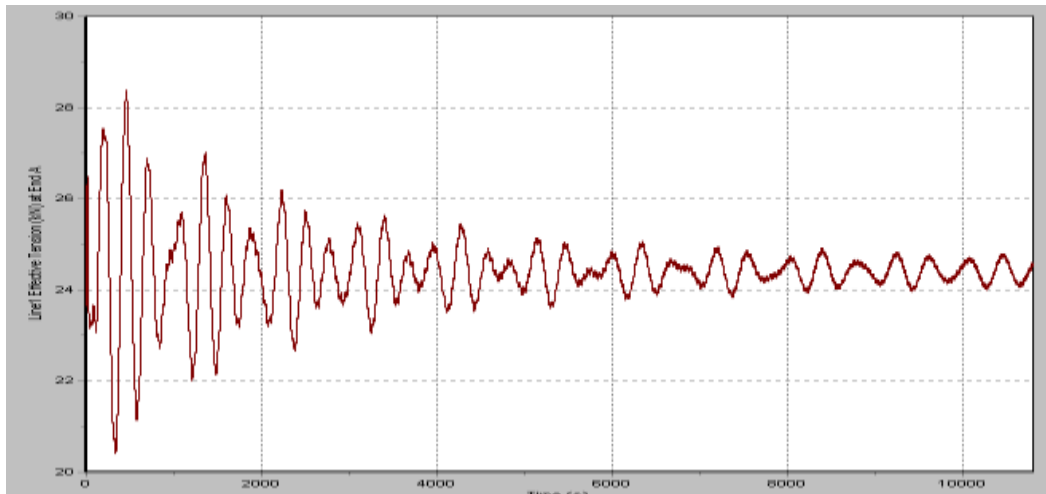
## LAMPIRAN D

### GRAFIK ANALISA TEGANGAN TALI

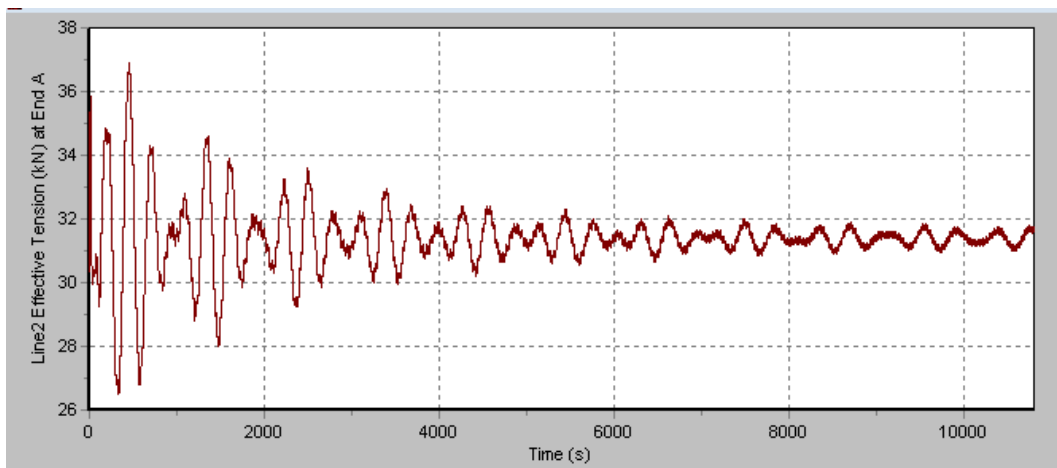
Analisa tegangan tali saat tidak ada tali putus

Heading  $0^{\circ}$

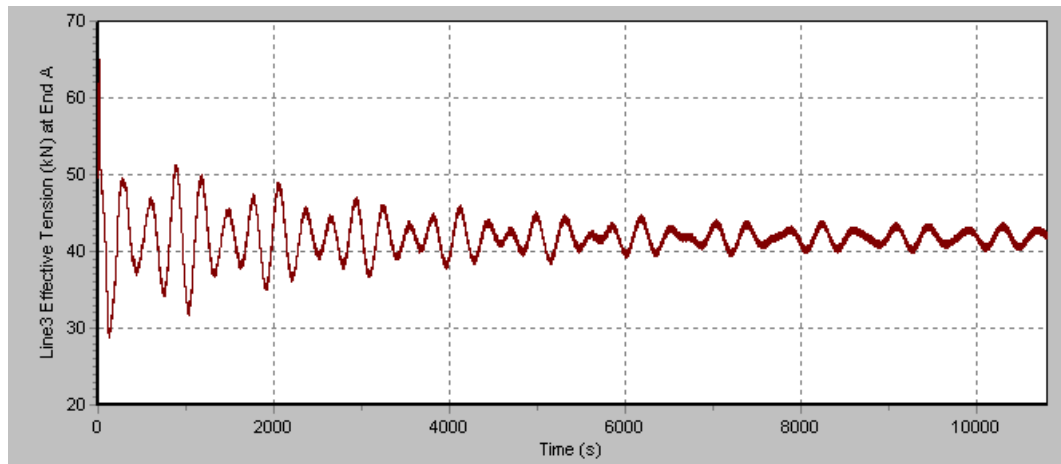
Line 1



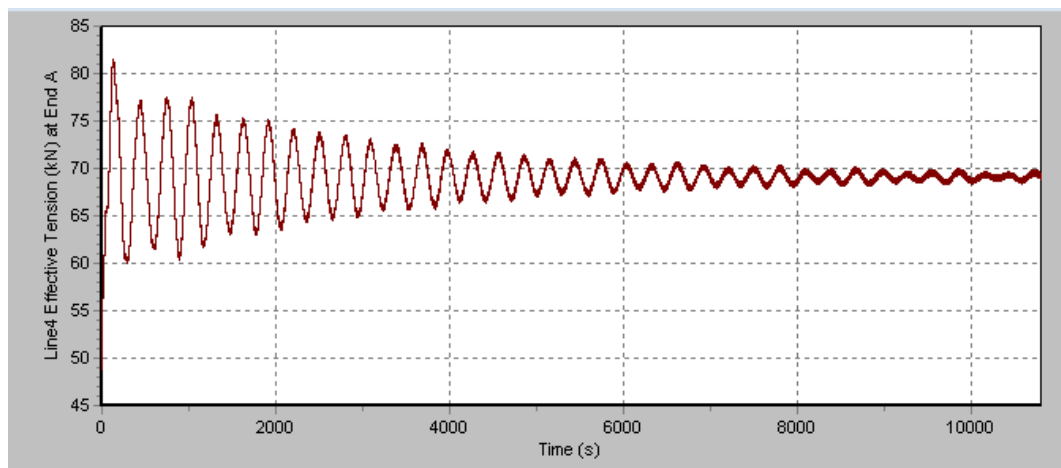
Line 2



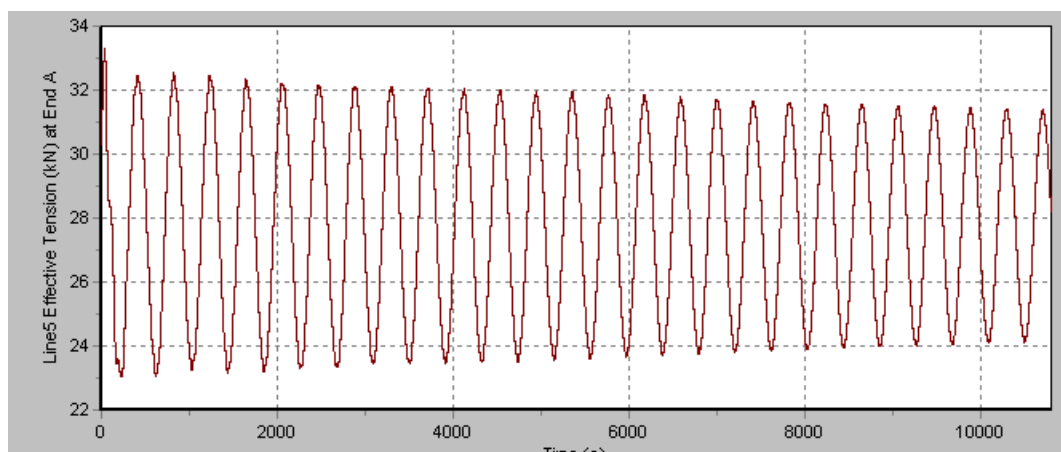
Line 3



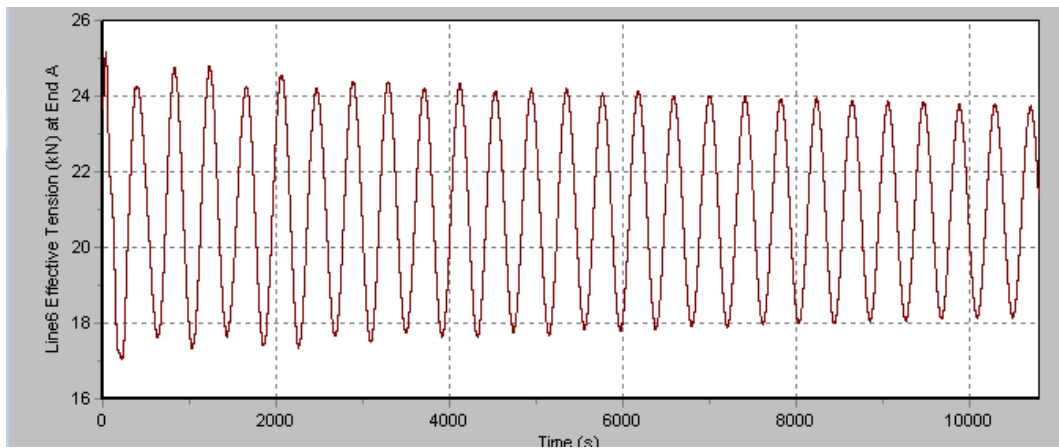
Line 4



Line 5

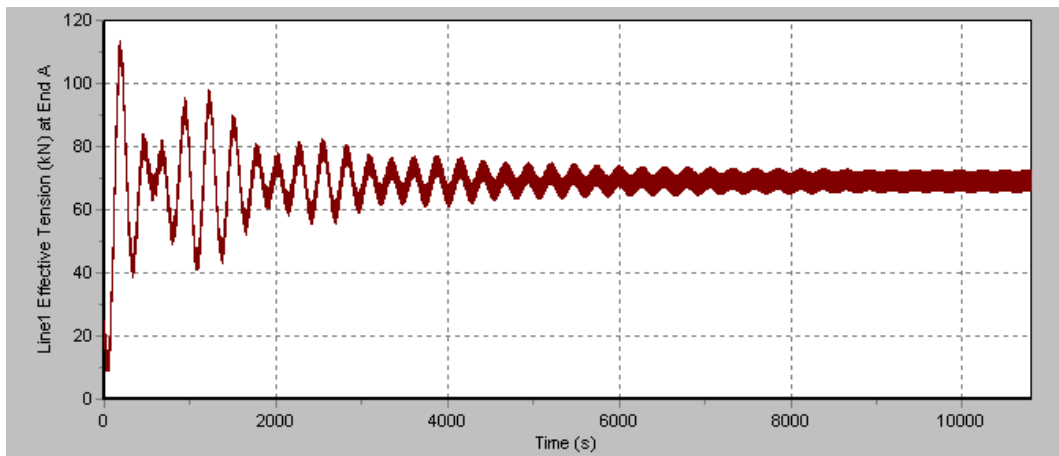


Line 6

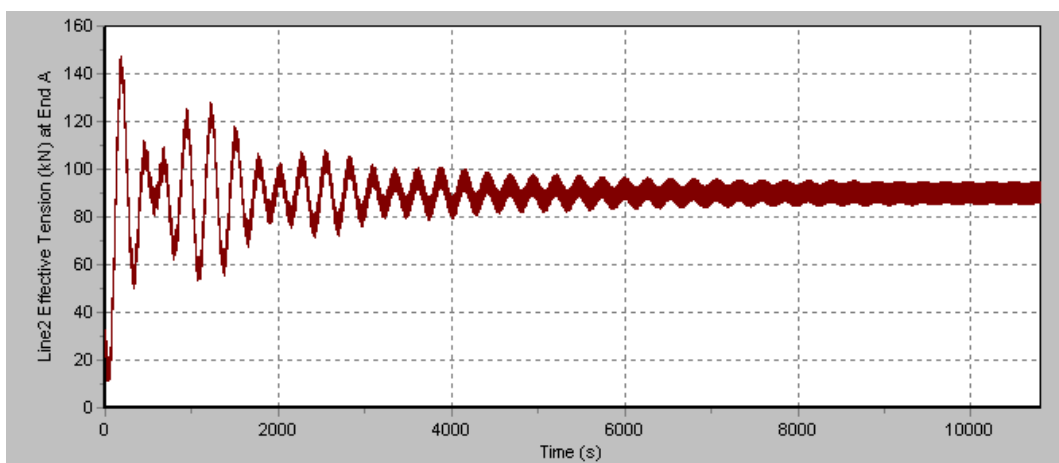


Heading  $90^0$

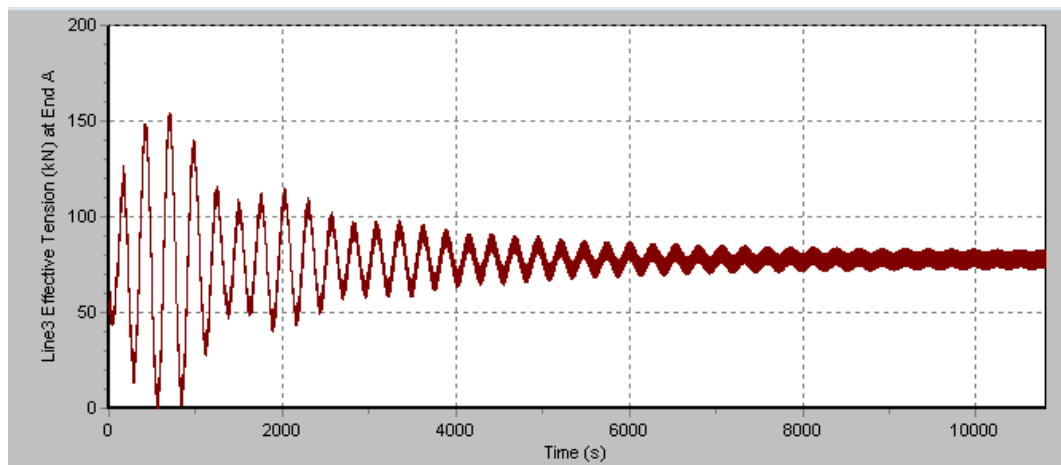
Line 1



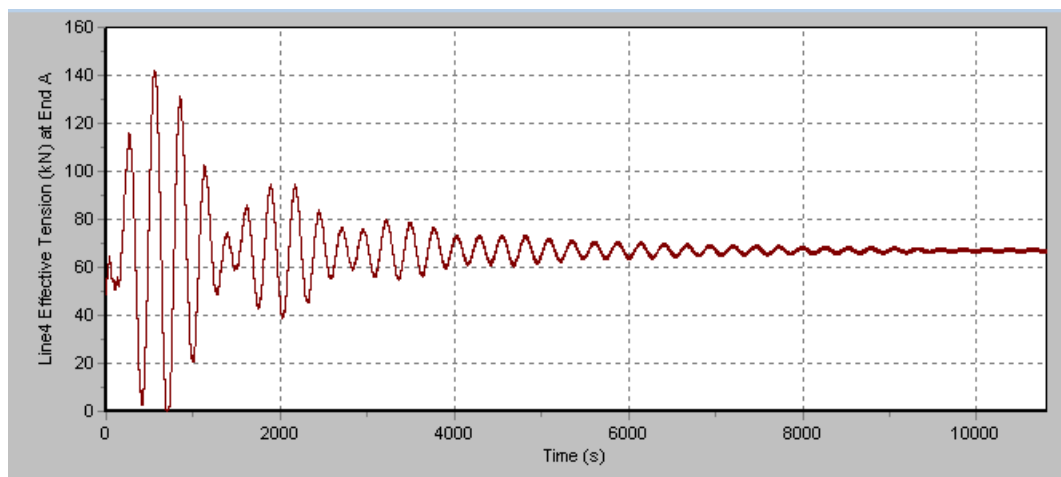
Line 2



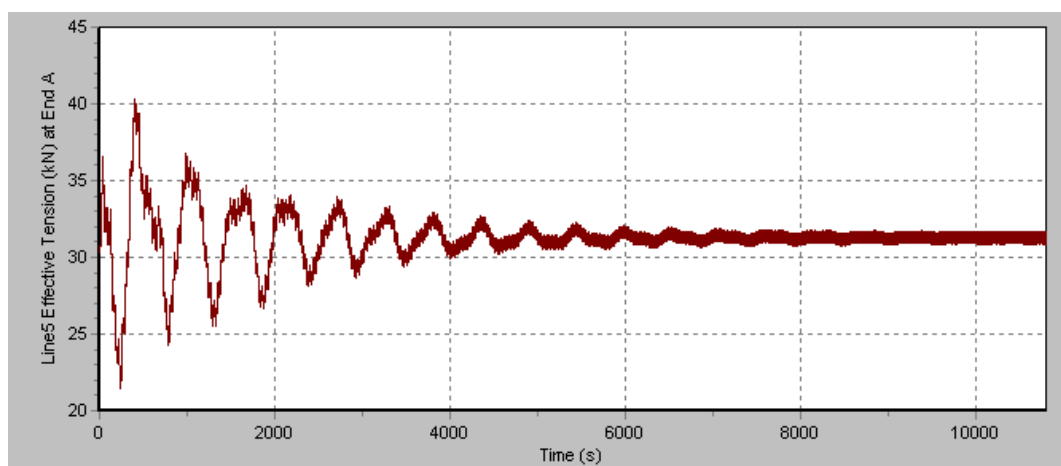
Line 3



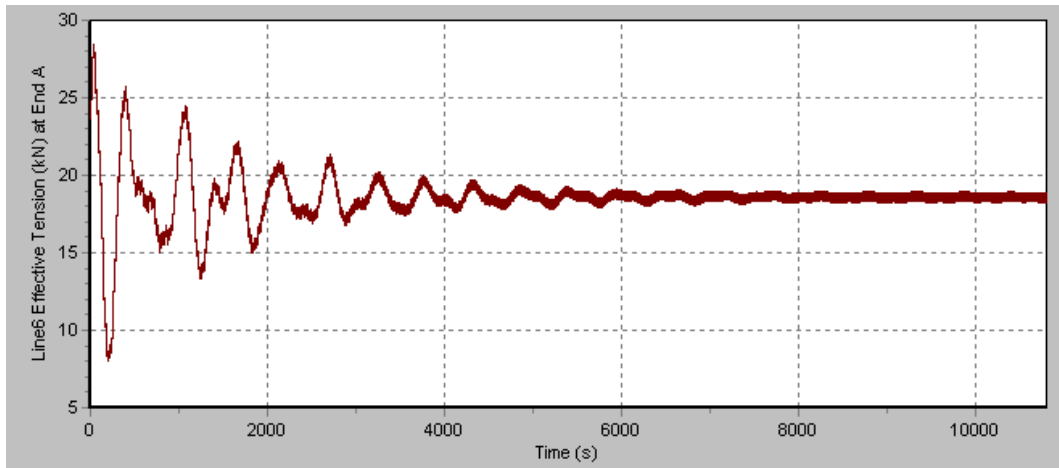
Line 4



Line 5

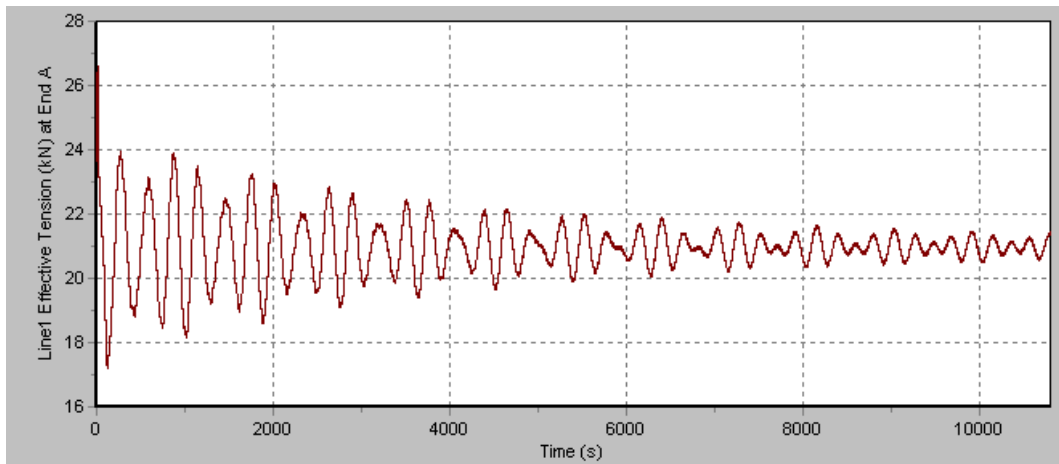


Line 6



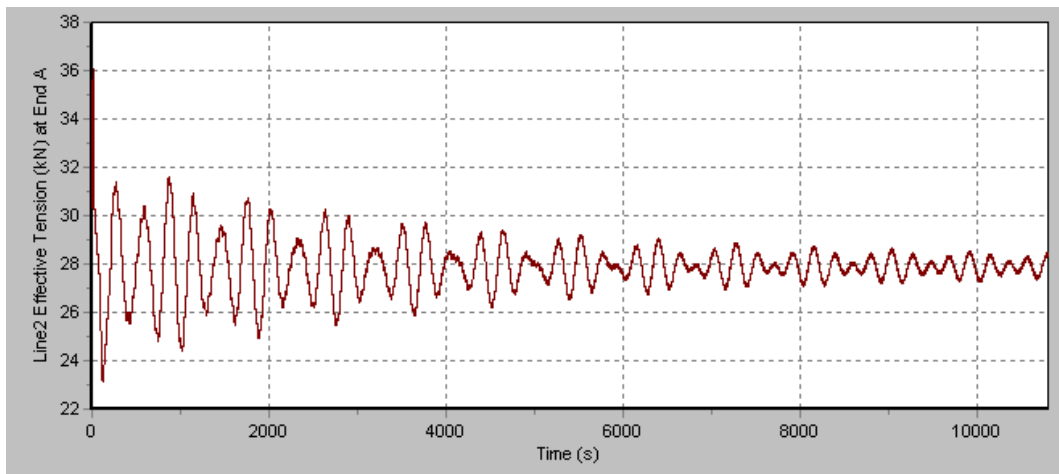
Heading 180<sup>0</sup>

Line 1

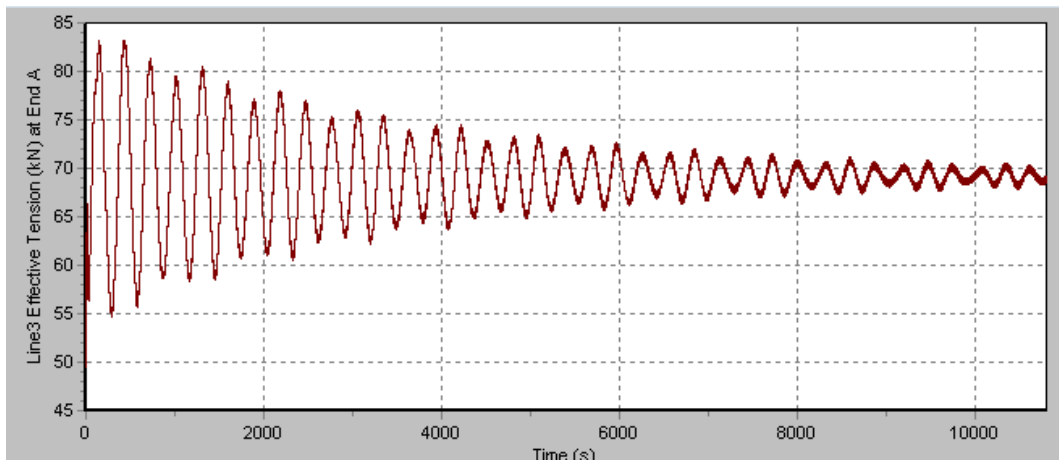




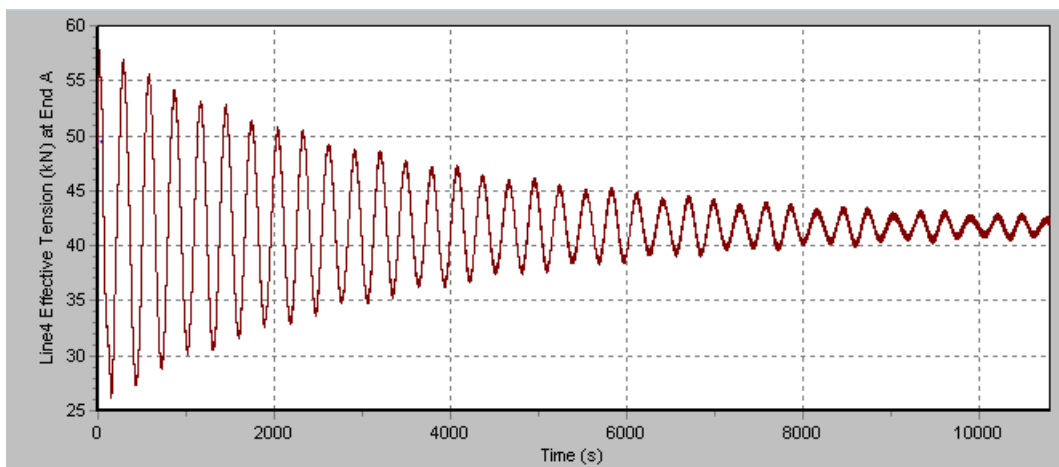
Line 2



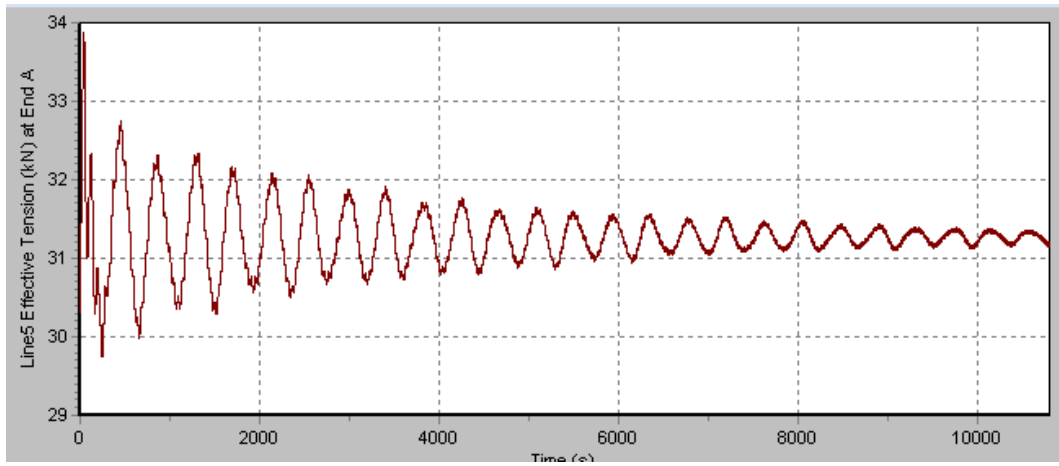
Line 3



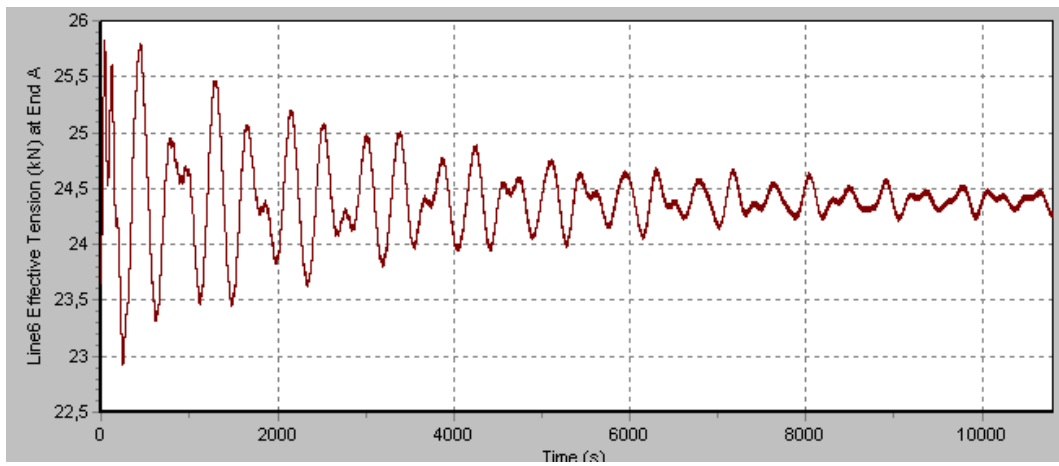
Line 4



Line 5



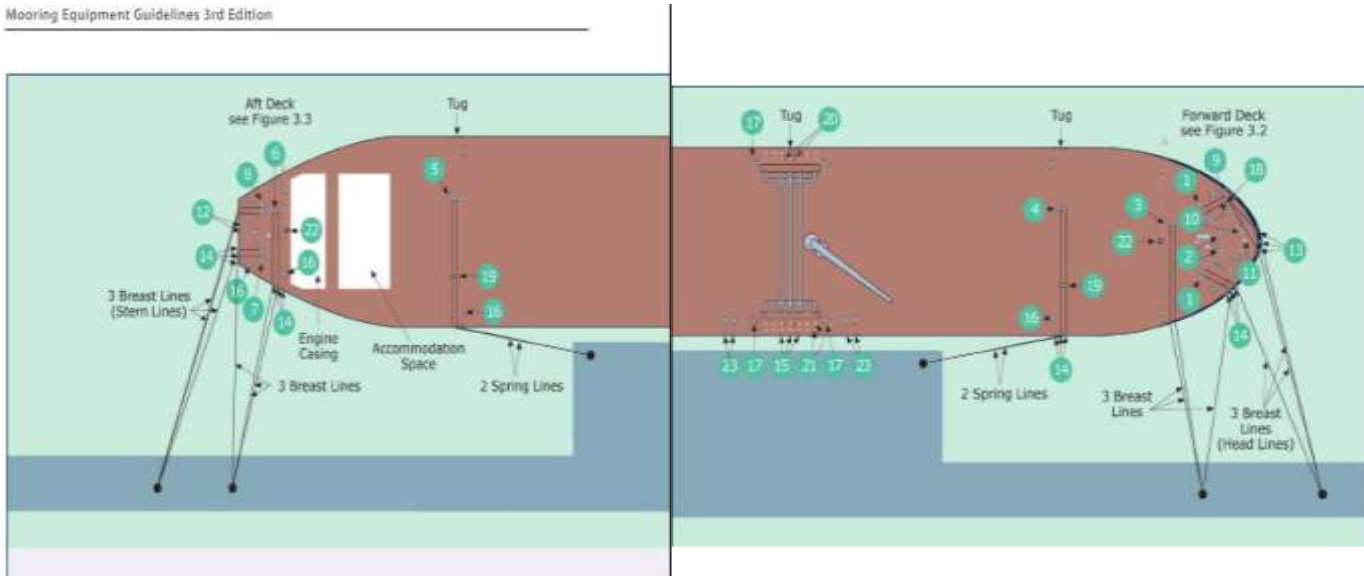
Line 6



# LAMPIRAN E

## GENERAL MOORING LINE ARRANGEMENT

Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition





# LAMPIRAN F

## KATALOG TALI TAMBAT NYLON

Deck and Mooring

Mooring

### A3-2002 Oceanlon Rope

Oceanlon nylon (polyamide) ropes have high strength and extreme durability, yet are extremely soft and easy to handle. Especially useful where peak dynamic loading and high energy absorbing ability is called for, such as towing and some mooring applications.

- Excellent abrasion resistance
- Excellent shock absorption
- High strength
- Specific gravity – 1.14 sinks
- Melting point 215°C
- Supplied with protected eye each end
- Certification – Germanischer Lloyd 3rd party certificate

8 Strand			
Size		Weight 220m Coil (kg)	Breaking Load (tonne)
Dia. (mm)	Circ (In)		
24	3	82	12.9
28	3½	112	15.3
32	4	147	20.0
36	4½	185	25.0
40	5	228	30.0
44	5½	277	36.0
48	6	330	42.0
52	6½	387	49.0
56	7	449	56.0
60	7½	512	64.0
64	8	579	72.0
68	8½	666	81.0
72	9	739	90.0
76	9½	822	100.0
80	10	913	110.0
84	10½	1005	120.0
88	11	1100	131.0
92	11½	1110*	143.2
96	12	1133*	154.0



## BIODATA PENULIS



Yoffan Ramadhan adalah nama lengkap dari penulis laporan tugas akhir ini. Penulis lahir tanggal 15 Februari 1995 di Dsn. Sumbersuko, Ds, Kesilir, Kecamatan Siliragung, yang merupakan alamat penulis saat ini. Penulis merupakan anak pertama dan satu –satunya, dari pasangan Bapak Subadri dan Ibuk Suminah. Penulis mengawali pendidikan formal di TK Khotidjah, Banyuwangi, kemudia dilanjutkan di SDN 5 Kesilir, Banyuwangi. Setelah lulus dari sekolah dasar, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Siliragung dan SMA Negeri 1 Giri, Banyuwangi. Setelah lulus SMA penulis menerukan ke perguruan tinggi yaitu di Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur mandiri.

Didalam dunia perkuliahan, penulis pernah mengikuti beberapa penalitan atau pengembangan diri. Salah satunya adalah pelatihan ESQ dan pelatihan Pra TD di Fakultas Teknologi Kelautan. Untuk kepanitiaan penulis pernah bergabung menjadi staff OCENO 2013. Dalam hal organisasi penulis pernah diberi tanggung jawab menjadi staff ahli kesekretariatan Himatekla periode 2014 – 2015.

Penulis sempat menjalani tugas akhir di PT. Kaltim Prima Coal selama dua bulan. Selama kerja praktek penulis mempelajari beberapa hal khususnya mengenai installasi pipa bawah laut, serta tata cara agar aman saat berkerja di area proyek. Pesan dari penulis adalah, saat menjalani suatu kebaikan jalanilah secara serius dan jangan dilakukan dengan setengah – setengah.

Email : ryoffan@gmail.com